শংকু-নির্মাণ

অর্থাৎ

নানাবিধ সূর্যঘড়ী-নির্মাণ-বিষয়ক উপদেশ।

—(*)—

কটকে

শ্রীযোগেশচন্দ্র রায় দ্বারা প্রণীত।

কলিকাতায়

কলেজ ষ্ট্রীটে দাসগুপ্ত কোম্পানি দ্বারা
প্রকাশিত

এবং

রায়বাগান ষ্ট্রীটের ২৫ নং বাড়ীতে ভারতমিহির যন্ত্রে
সান্যাল এণ্ড কোম্পানি দ্বারা
মুদ্রিত।

শক ১৮৩০।

মূল্য ৷৷০ আনা।

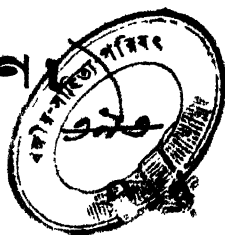
*दिनगतकालावयवा ज्ञातुमशक्या यतो विना यन्त्रै ।
वक्ष्ये यन्त्राणि ततः स्फुटानि संक्षेपतः कतिचित् ॥*

বিষয় সূচী

শুদ্ধি পত্র ।

পৃষ্ঠা	পংক্তি	অশুদ্ধ	শুদ্ধ
৫	১১	স্থির হইল,	স্থির হইলে,
১৪	২৪, ২৫	সাবান	সাবন
১৫	১৪	পা'	পা পা'
২৩	১৬	ধ্রুবযষ্টি	ধ্রুবপট্ট
„	১৭	উঁহা	ধ্রুবযষ্টি
৩০	১৭	২ ঘঃ ১২ মিঃ	২ ঘঃ ১১ মিঃ
৩৪	২৭	বোম্বাইর নিকট	দাক্ষিণাত্যে
৫৫	১০	গঙ	গঘ, ঘঙ
৫৭	২০, ২৫	পশ্চিমে	পূর্ব্বে
৭৩	৬	ঘণ্টা মিনিটে	ঘণ্টামিনিটে
„	„	ঘণ্টামিনিট রেখার	ঘণ্টামিনিট-রেখায়
৭৪	১	প কোম্প	প কোজ্যা
„	২	১৫ কোম্প	১৫ কোজ্যা
৮০	১৬	সমান্তর হইল	সমান্তরের বাহিরে হইল

শঙ্কু-নির্ম্মাণ।

উপক্রম।

আজকাল এদেশে বিলাতী ঘড়ী সুলভ হইয়াছে। ফলে, শুধু নগরে নহে, দুরবর্ত্তী পল্লীগ্রামেও বিলাতী ঘড়ী দেখিতে পাওয়া যায়।

কিন্তু বিলাতী ঘড়ী—ওয়াচ, টাইমপিস, ক্লক—যত উৎকৃষ্ট হউক, কালক্রমে তাহার প্রদর্শিত সময় অগ্রপশ্চাৎ হয়। একবার দম দিতে ভুলিয়া গেলে ত কথাই নাই; যথারীতি দম পাইলেও বিলাতী ঘড়ীর নির্দ্দেশিত কালে অল্পে অল্পে ভ্রম ঘটে। তখন সে ঘড়ীকে পুনর্ব্বার ব্যবস্থিত করিতে না পারিলে তদ্দ্বারা প্রকৃত সময় অবগত হইতে পারা যায় না। বহু নগরে অপরের ঘড়ী দেখিয়া, কিংবা রেল বা তার আপিসে গিয়া ঘড়ী মিলাইবার সুবিধা আছে। কিন্তু গ্রামে এবং অনেক নগরে এ প্রকার সুবিধা নাই। তখন অনেকেই সূর্য্যোদয়াস্ত দেখিয়া স্ব স্ব ঘড়ী ঠিক করিতে বাধ্য হন। যদি পঞ্জিকা-লিখিত সূর্য্যোদয়াস্ত-কাল-গণনা ভ্রমশূন্য হয়, এবং উদয়াস্ত লক্ষ্য করিবার অভ্যাস ও সুযোগ থাকে, তবেই এই উপায়ে যথার্থ কাল পাইয়া ঘড়ী মিলাইতে পারা যায়। দুঃখের বিষয়, দেশের সকল পঞ্জিকা-প্রদত্ত সূর্য্যোদয়াস্তকাল দৃক্‌সিদ্ধ নহে। তা ছাড়া, যে স্থানের নিমিত্ত পঞ্জিকা গণিত হইয়া থাকে, সেই স্থানের উত্তরে কিংবা দক্ষিণে উদয়াস্তকালে প্রভেদ ঘটে। স্থানীয় বিলাতী ঘড়ীর যত ঘণ্টার সময়ে কোন্ দিন কলিকাতায় সূর্য্যের উদয় কিংবা অস্ত হইবে, কলিকাতার উত্তরবর্ত্তী রাজসাহী বা বর্দ্ধমানে কিংবা দক্ষিণবর্ত্তী চট্টগ্রাম বা কটকে ঠিক তত ঘণ্টার সময়ে

হইবে না। অথচ অসংখ্য নগরের নিমিত্ত পঞ্জিকা গণিত হয় না; সর্ব্বত্র রেল কিংবা তার আপিসও নাই।

এই অসুবিধা দূর করিবার একমাত্র সুকর উপায়, সূর্য্য ঘড়ী। দূরবীক্ষণাদি যন্ত্রযোগে সূর্য্য কিংবা তারা বেধ করিলে সূক্ষ্ম কাল জানিতে পারা যায়। তদভাবে সূর্য্যঘড়ী প্রশস্ত। ইহা একবার স্থাপিত হইলে আর কিছু করিতে হয় না; রবি-কর পাইলেই এতদ্দ্বারা কাল অবগত হইতে পারা যায়। ইহার নির্দ্দেশিত কাল বিলাতী ঘড়ীর তুলনায় স্থূল বটে, কিন্তু লৌকিক ব্যবহারের পক্ষে যথেষ্ট। পূর্ব্বে বলা গিয়াছে যে, বিলাতী ঘড়ী উৎকৃষ্ট হইলেও কালক্রমে তাহার কালে ভ্রম ঘটে। এই দোষের পরিমাণ নিয়ত এক থাকিলে তত অসুবিধা হইত না। যদি প্রত্যহ এক মিনিট কি আধ্ মিনিট অগ্র কিংবা পশ্চাৎ থাকিত, তাহা হইলে প্রতিদিন এক মিনিট কি আধ্ মিনিট যোগ বা বিয়োগ করিয়া লইলে প্রকৃত সময় পাওয়া যাইত। কিন্তু দেখা যায়, যদি আজ এক মিনিট দোষ থাকে, কল্য তদপেক্ষা কিঞ্চিৎ ন্যূন বা অধিক হয়, দশ দিন কি একমাস পরে আরও ন্যূন বা অধিক হইয়া পড়ে। অর্থাৎ বিলাতী ঘড়ীর দোষ কালক্রমে বৃদ্ধি পায়। সূর্য্যঘড়ীর এবংবিধ বৃদ্ধিশীল দোষ ঘটে না। যদি দোষ থাকে, তাহা নির্ম্মাণ ও স্থাপন সময় হইতে চিরদিন একই থাকে। সামান্য বিলাতী ঘড়ী শীতগ্রীষ্ম ঋতু-ভেদে অগ্রপশ্চাৎ চলে; সূর্য্য-ঘড়ীতে শীতগ্রীষ্মের প্রভেদ-জাত দোষ থাকে না। অতএব বিলাতী ঘড়ীকেও সময়ে সময়ে সূর্য্য-ঘড়ীর সহিত মিলাইয়া লইতে হয়।

বস্তুতঃ বিলাতী ঘড়ী নির্ম্মাণের পূর্ব্বে বিলাতেও সূর্য্য-ঘড়ী দৈনিক কালবিভাগের একমাত্র উপায় ছিল। সাবধানে নির্ম্মাণ ও স্থাপন করিতে পারিলে সূর্য্যঘড়ী সাহায্যে এক মিনিটের এদিক্ ওদিকে সময় জানিতে পারা যায়। এদেশে পূর্ব্বকালে তাম্রঘটীর ব্যবহার অধিক

ছিল। জ্যোতির্ব্বিদের গৃহে অন্যান্য কালমাপক যন্ত্র থাকিত। তন্মধ্যে শঙ্কু-যন্ত্র শ্রেষ্ঠ স্থান অধিকার করিত। এতদ্দ্বারা কালজ্ঞান ব্যতীত জ্যোতিষিক অন্যান্য বিষয় অবগত হইতে পারা যায়, অথচ উহার নির্ম্মাণ ও স্থাপন অনায়াসসাধ্য। কটক যাজপুরের কোন ব্রাহ্মণের গৃহে কাষ্ঠময় পট্টে স্থাপিত পিত্তলের এক ক্ষুদ্র শঙ্কু অদ্যাপি নিত্য পূজা পাইয়া থাকে।

শঙ্কু-যন্ত্র এক প্রকার সূর্য্য-ঘড়ী। উহার নির্ম্মাণ, স্থাপন ও ব্যবহার-ক্রম পরে বলা যাইবে। দিবাভাগে যখনই আমরা ঘরের খুঁটার, প্রাচীরের, গাছের কিংবা নিজ দেহের ছায়া দেখিয়া সময় জানিতে চেষ্টা করি, তখনই আমরা শঙ্কু-যন্ত্র-ব্যবহার করিয়া থাকি। নিজ দেহের ছায়া ঠিক উত্তর কিংবা (স্থান ভেদে এবং গ্রীষ্মকালে) দক্ষিণদিকে পড়িতে দেখিলেই বুঝি, মধ্যাহ্ন হইয়াছে। ঐ ছায়া পূর্ব্বাহ্নে পশ্চিম-দিকে, এবং পরাহ্নে পূর্ব্বদিকে পড়ে। উহা মধ্যাহ্নে হ্রস্ব হয়, এবং মধ্যাহ্নের পূর্ব্বে ও পরে দীর্ঘ হয়। এই কয়েকটি স্থূল সূত্র-সাহায্যে পল্লীর নিরক্ষর লোকেরা, এমন কি সাঁওতালেরাও মোটামুটি বেলা জানিয়া থাকে।

এখানে অনায়াসসাধ্য ও শঙ্কু-যন্ত্র অপেক্ষা অধিকতর উপযোগী কয়েক প্রকার সূর্য্যঘড়ীর মূল তত্ত্ব, নির্ম্মাণ, স্থাপন ও ব্যবহার বিবৃত হইতেছে। সূর্য্যঘড়ী নির্ম্মাণ ও স্থাপন দ্বারা জ্ঞান ও আনন্দ, উভয়ই লাভ হইতে পারে। বস্তুতঃ এক দীর্ঘ গ্রীষ্মাবকাশ শঙ্কু নির্ম্মাণ করিয়া লেখকের যেরূপ আনন্দে কাটিয়াছিল, পাঠকেরও দুঃসহ সময় সেইরূপ আনন্দে কাটিতে পারে, এই আশায় এই পুস্তিকা প্রচারিত হইল।

প্রথম পরিচ্ছেদ।

পরিভাষা।

কোন বিষয়ে কথা কহিতে গেলে কতকগুলি বিশেষ সংজ্ঞার প্রয়োগ আবশ্যক হয়। নতুবা বক্তব্য সহজে ও স্পষ্টরূপে বলিতে পারা যায় না। অধিকন্তু কোন বিষয়ের তত্ত্বজ্ঞান না হইলে সেই বিষয় কাজে প্রয়োগ করিবার সময় অন্যের অঙ্গুলী-সঙ্কেতের উপর নির্ভর করিতে হয়। এনিমিত্ত কয়েকটি অবশ্য জ্ঞাতব্য তত্ত্ব সংক্ষেপে বলা যাইতেছে।

অনেকেই বিলাতী ঘড়ী—ওয়াচ, টাইমপিস বা ক্লক—ব্যবহার করিয়া থাকেন, কিন্তু তদ্দ্বারা কিরূপে সময় জানিতে পারা যায়, তাহা অল্প লোকেই ভাবিয়া থাকেন। সকলেই জানেন, উহাতে কয়েকখানি চাকা এমন ভাবে স্থাপিত থাকে যে, কোন একখানি ঘুরিলে অপর গুলি দ্রুত বা মন্দ বেগে ঘুরিতে থাকে। সেই মুখ্য চক্রখানি স্থিতিস্থাপক ইস্পাতের কামানি বা স্প্রিং দ্বারা, কিংবা পতনশীল গুরুবস্তু দ্বারা ঘূর্ণিত হইয়া থাকে। উহার নির্ম্মাণ-ক্রম যাহাই হউক, ফলে উহা সমবেগে ঘূর্ণায়মান একখানি চাকা মাত্র। মনে কর, এক অহোরাত্রে চাকাখানি চব্বিশ বার ঘুরে; এবং কোন নির্দ্দিষ্ট ঘটনার পর বর্ত্তমানকাল পর্য্যন্ত উহা চারিবার ঘুরিয়াছে। অতএব জানা গেল যে, উক্ত ঘটনার পর এক অহোরাত্র সময়ের চব্বিশ ভাগের চারিভাগ গত হইয়াছে। এইরূপে বুঝা যায় যে, অবিরত ঘূর্ণায়মান একখানি চাকা থাকিলেই চলিবে না। কোন্ সময়ের মধ্যে উহা কত বার বা কতখানি ঘুরিয়াছে, তাহা জানা আবশ্যক। এ নিমিত্ত ঘূর্ণায়মান চাকার সম্মুখে কোন এক স্থির বস্তু থাকে, এবং

সেই চাকাতে একটা কাঁটা আবদ্ধ থাকিয়া চাকার সহিত স্থির বস্তুর সম্মুখে ঘুরিতে থাকে। এক বস্তুর স্থিতি দেখিয়া অন্য বস্তুর গতি বুঝিতে পারা যায়। অতএব ঘড়ীর তিনটি অঙ্গ পাওয়া গেল; একখান চল চাকা, একখান অচল চাকা, এবং একটা কাঁটা। বলা বাহুল্য, অচল চাকাখানি উপরের লিখিত স্থির বস্তু। ঘড়ীতে কাঁটা চল চাকায় বদ্ধ, এবং অচল চাকার পরিধি কতকগুলি সমান অংশে বিভক্ত থাকে। ইহার পরিবর্ত্তে চল চাকার পরিধি সমান অংশে বিভক্ত করিয়া অচল চাকায় কাঁটা বদ্ধ করিলেও একই ফল হইবে।

যদি মুখ্য চক্রখানি কখনও দ্রুত এবং কখনও মন্দ মন্দ ঘুরিতে থাকে, তাহা হইলে তদ্দ্বারা যথার্থ সময়-জ্ঞান হইতে পারে না। চাকাখানি ঘুরিতে ঘুরিতে একবার স্থির হইল, সেই সময়ে উহা কতবার, বা কতখানি ঘুরিত, তাহা জানা থাকে না। এ নিমিত্ত অন্য কোন সমবেগে ভ্রমণশীল বস্তু বা চক্রের সহিত ঘড়ীর গতি এক করিয়া লইতে হয়। কিন্তু এমন চক্র কে নির্ম্মাণ করিতে পারে, যাহার ঘূর্ণন-বেগ কদাপি কিঞ্চিৎমাত্রও দ্রুত বা মন্দ হইবে না? ক্রনোমিটার নামক উৎকৃষ্ট মূল্যবান্ ঘড়ীতেও এক অহোরাত্রের মধ্যে এক আধ্ সেকেণ্ডের প্রভেদ ঘটে। ইহা ঘড়ীর দোষের কথা বটে, কিন্তু ভাবিয়া দেখিলে এই সূক্ষ্মতা নির্মাতার শিল্পনৈপুণ্যের পরাকাষ্ঠাও বটে।

আমাদের পৃথিবী নিয়ত একই বেগে স্বীয় মেরু-রেখায় আবর্ত্তন করিতেছে। বিষয় সুখবোধ্য করিবার নিমিত্ত আমরা পৃথিবীকে অচল, এবং তারাময় গগনপটকে চল মনে করিব। এইরূপে আমরা দেখিতেছি যে, তারাময় গগনপট এমন একখানি চক্র, যাহা নিয়ত একই বেগে আবর্ত্তিত হইতেছে। উহা ঘড়ীর চল চাকা; তাহার সম্মুখে পৃথিবী অচল। কিন্তু কাঁটা? এই কাঁটা হওয়াই সূর্য্য-ঘড়ীর উদ্দেশ্য।

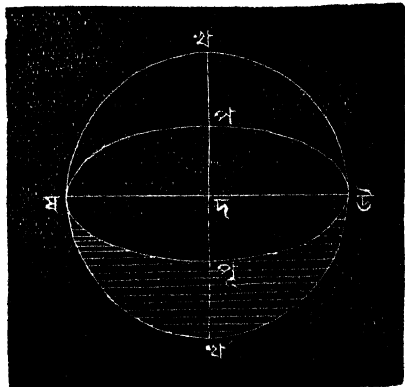
এখন পৃথিবী-রূপ অচল চাকার কাঁটা অনুসন্ধান করা যাউক।

তারাময় গগন পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিতেছে। কিন্তু উভয়ের মধ্যে কোন কাঁটা নাই। সুতরাং একটা কাঁটা কল্পনা করিয়া লইতে হইবে। এইরূপ একটা কাঁটা, যাম্যোত্তর-বৃত্ত (meridian circle)। উহা নভোমণ্ডলকে পূর্ব্ব ও পশ্চিমে, দুই সমভাগে বিভক্ত করিয়াছে। কাজেই উহা আকাশের ঠিক উত্তর দক্ষিণ (যাম্য—কেননা যম দক্ষিণে থাকেন) দিক্ এবং দর্শকের মস্তকের উপর দিয়া গিয়াছে। মনে কর, একখানি বিশাল চক্র গগনমণ্ডলে বদ্ধ থাকিয়া অহোরাত্রে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিতেছে। উহা প্রত্যহ একবার দর্শককে ভেদ করিয়া যাইবে। তখন দর্শক বুঝিতে পারিবেন যে, গগনমণ্ডল পূর্ব্ববর্ত্তী ভেদের পর একবার ঘুরিয়া গেল। কিংবা উক্ত বিশাল চক্রখানি গগনে আবদ্ধ না করিয়া দর্শকের দেহ ভেদ করিয়া পৃথিবীর উত্তর দক্ষিণে বিস্তৃত কল্পনা করা যাইতে পারে। যখন কোন তারা সেই চক্রে আসিয়া উহাকে পুনর্ব্বার অতিক্রম করিবে, তখন দর্শক জানিতে পারিবেন যে, গগনমণ্ডল একবার ঘুরিয়া গেল। শূন্য আকাশে চক্র লম্বিত করা চলে না। কাজেই ভূপৃষ্ঠে যাম্যোত্তর-চক্র বদ্ধ করিতে হয়। তবে নভোমণ্ডল চল চাকা, পৃথিবী অচল চাকা, এবং পৃথিবীতে বদ্ধ যাম্যোত্তরচক্র ঘড়ীর কাঁটা পাওয়া গেল।

পৃথিবীর যাম্যোত্তর-বৃত্তের ন্যায় বহুসংখ্যক কাঁটা কল্পনা করা যাইতে পারে। তন্মধ্যে ক্ষিতিজ-বৃত্ত প্রধান। উন্মুক্ত প্রান্তরে দণ্ডায়মান হইয়া চারিদিকে দৃষ্টিপাত করিলে মনে হয় যেন, পৃথিবী ও আকাশ একটা বৃত্তে মিলিত হইয়াছে। সেই বৃত্তই ক্ষিতিজ (horizon)। উহাকেও পৃথিবীরূপ অচল চাকার কাঁটা-স্বরূপ ব্যবহার করা চলে। বস্তুতঃ সূর্য্যের উদয়াস্ত দেখিয়া যখনই আমরা ঘড়ী মিলাইতে যাই, তখনই ক্ষিতিজকে কাঁটা-স্বরূপ মনে করি।

যাম্যোত্তর ও ক্ষিতিজ, উভয় বৃত্তই পৃথিবী হইতে বিস্তৃত হইয়া অনন্ত

আকাশে মিশিয়াছে। উহাদের মধ্যস্থল বা কেন্দ্র কোথায়? পৃথিবীর কেন্দ্রই উহাদের কেন্দ্র। কিন্তু অসীম আকাশের তুলনায় পৃথিবীর ব্যাস অতীব ক্ষুদ্র; এত ক্ষুদ্র যে সমগ্র পৃথিবীকে বিন্দুমাত্র মনে করা যাইতে পারে। সুতরাং পৃথিবীর পৃষ্ঠদেশে যে স্থানে দ্রষ্টা দণ্ডায়মান, সে স্থান-কেও যাম্যোত্তর ও ক্ষিতিজের মধ্যস্থল মনে করা যাইতে পারে। তবে, দ্রষ্টার মস্তক ও পদ ভেদ করিয়া যাম্যোত্তর দক্ষিণোত্তরে বিস্তৃত হইয়া আকাশমণ্ডলকে পূর্ব্ব ও পশ্চিমে দুই সমভাগে বিভক্ত করিতেছে। ক্ষিতিজ দ্রষ্টাকে তির্য্যক্ (সমকোণে—at right angles) ভেদ করিয়া আকাশমণ্ডলকে অধঃ ও ঊর্দ্ধ দুই সমভাগে বিভক্ত করিতেছে। সুতরাং যাম্যোত্তর ও ক্ষিতিজ, পরস্পর তির্য্যক্ ভাবে অবস্থিত। ১ম চিত্রে দ দর্শক, উ খ য খ´, তাঁহার যাম্যোত্তর বৃত্ত, এবং উপ য পূ তাঁহার ক্ষিতিজ। কোন তারা বা গ্রহ ক্ষিতিজে দেখা গেলে তাহাকে ক্ষিতিজ-গত, এবং যাম্যোত্তরে দেখা গেলে তাহাকে যাম্যোত্তর-গত বলা যায়।

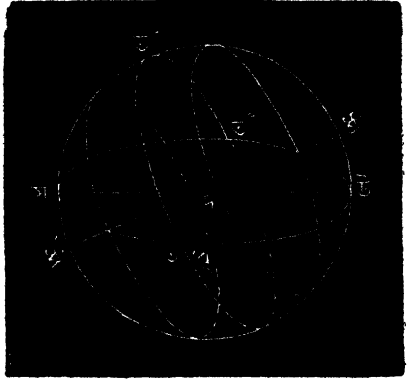
কিঞ্চিৎ চিন্তা করিলে বুঝা যাইবে যে, দ্রষ্টা যেমন এক স্থান হইতে অন্য স্থানে গমন করেন, সঙ্গে সঙ্গে তাঁহার ক্ষিতিজ পরি-বর্ত্তিত হয়। কিন্তু তাঁহার যাম্যোত্তর ঠিক এইরূপ পরিবর্ত্তিত হয় না। যখন তিনি স্বদেশের (দ্রষ্টার স্থান—যে স্থান লইয়া কথা হইতেছে) ঠিক উত্তরে

১ম চিত্র।

কিংবা দক্ষিণে গমন করেন, তিনি তখন একই যাম্যোত্তরে থাকেন

কিন্তু যখন তিনি স্বদেশের পূর্ব্ব কিংবা পশ্চিম দিকে গমন করেন, তখন তাঁহার যাম্যোত্তর পরিবর্ত্তিত হয়। কিন্তু তিনি উত্তরে, দক্ষিণে, পূর্ব্বে, পশ্চিমে, যে কোন দিকে গমন করিলে, তাঁহার ক্ষিতিজ সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্ত্তিত হয়।

দ্রষ্টার গমনের সহিত আর একটি বৃত্ত পরিবর্ত্তিত হয়। আমরা গগনমণ্ডলকে পূর্ব্ব পশ্চিমে, অধঃ ঊর্দ্ধে, সমান ভাগে বিভক্ত করিয়াছি। যে বৃত্ত দ্বারা দ্রষ্টার আকাশ উত্তর দক্ষিণে দুই সমভাগে বিভক্ত হয়, তাহাকে সমবৃত্ত (Prime vertical) বলে। উহা যাম্যোত্তর-বৃত্তকে তির্য্যক্ ছেদন করিয়া ক্ষিতিজের পূর্ব্ব ও পশ্চিম বিন্দু এবং দ্রষ্টার মস্তক দিয়া গিয়াছে। উহাও ক্ষিতিজের ন্যায় দ্রষ্টার স্থানভেদে ভিন্ন ভিন্ন হয়।

অতএব যাম্যোত্তর, ক্ষিতিজ ও সমবৃত্ত পৃথিবীর সকল স্থানের পক্ষে এক নহে। দ্রষ্টার স্থানভেদে উহারা পরিবর্ত্তিত হয়। এমন বৃত্ত আবশ্যক, যাহা পৃথিবীর সকল স্থানের পক্ষে এক থাকে। বিষুব-বৃত্ত (celestial equator or equinoctial) এইরূপ। যে রেখার চারিদিকে আকাশমণ্ডলকে প্রত্যহ ঘুরিতে দেখি, সেই কল্পিত রেখাকে ধ্রুব-রেখা (axis of the celestial sphere) বলে। পৃথিবীর কেন্দ্র ভেদ করিয়া ধ্রুবরেখা আকাশমণ্ডলে উপস্থিত হইয়াছে। উহার দুই প্রান্তকে ধ্রুব (poles of the heavens) বলে। উত্তর দিকের ধ্রুব উত্তর ধ্রুব, এবং দক্ষিণ দিকের ধ্রুব যাম্য ধ্রুব। আমাদিগের প্রাচীন পুরাণের উপমা দিতে গেলে বলা যায় যে, যেমন ধান মাড়িবার সময় একটা খুঁটিতে গরু বাঁধা থাকিয়া সেই খুঁটির চারিদিকে ঘুরিতে থাকে, তেমনই গ্রহ ও তারা সকল ধ্রুব-রেখাতে বদ্ধ থাকিয়া উক্ত রেখা-সহিত পৃথিবী প্রদক্ষিণ করিতেছে। উহার দুই ধ্রুব হইতে সমান দূরে আকাশমণ্ডলে বিষুব-বৃত্ত অবস্থিত। এই বৃত্তের সমান্তরে

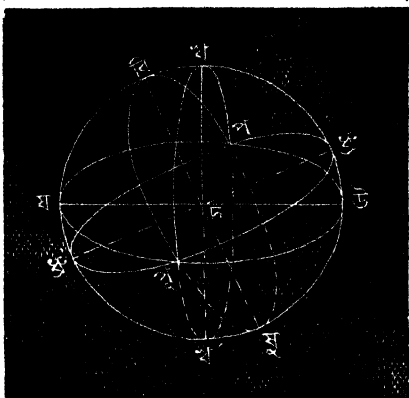
(parallel) থাকিয়া তারাসকল প্রত্যহ পৃথিবী প্রদক্ষিণ করিতেছে। রাত্রিকালে এদেশে আকাশে দৃষ্টিপাত করিলে জানিতে পারি যে, কোন তারাই ক্ষিতিজের তির্য্যক্ ভাবে অর্থাৎ সমকোণে পূর্ব্ব হইতে পশ্চিমে যায় না। সকলেই ক্ষিতিজের প্রতি অবনত হইয়া উঠিয়া পশ্চিমে চলিয়া যায়। ২য় চিত্রে দ দর্শক, উধ্রু ত´ ষ ধ্রু´ তাঁহার যাম্যোত্তর বৃত্ত,

২য় চিত্র।

উত´´ য ত তাঁহার ক্ষিতিজ, ধ্রু ধ্রু´ ধ্রুবরেখা। ধ্রুবরেখাকে বেষ্টন করিয়া তিনটি সমান্তর বৃত্ত রহিয়াছে। তন্মধ্যে ত ত´ ত´´ একটি। অতএব বুঝা যাইতেছে, বিষুববৃত্ত এদেশের পক্ষে দক্ষিণ ক্ষিতিজের দিকে অবনত আছে। উহা আমাদের মস্তকের উপর দিয়া না গিয়া কিঞ্চিৎ দক্ষিণ দিকে হেলিয়া আছে। অতএব সমবৃত্ত ও বিষুববৃত্তের মধ্যে একটা কোণ জাত হইয়াছে। সেই কোণের নাম অক্ষাংশ। আরও বুঝা যাইবে যে, উত্তর দক্ষিণ দেশ-ভেদে বিষুববৃত্ত অল্প বা অধিক অবনত দেখায় বটে, কিন্তু সকল দেশের পক্ষেই উহা আকাশের একই স্থানে আছে। যাম্যোত্তর, ক্ষিতিজ, ও সমবৃত্তের ন্যায় উহা দেশভেদে ভিন্ন ভিন্ন হয় না। আমরা পৃথিবীর উত্তরার্দ্ধে অবস্থিত। সুতরাং আমাদের ক্ষিতিজের অধোভাগে ধ্রুবরেখার যাম্যধ্রুব আছে। বর্ত্তমান প্রসঙ্গে যাম্যধ্রুব আবশ্যক হইবে না। উত্তর ধ্রুব আমাদের জানা আবশ্যক। সংক্ষেপে উহাকে ধ্রুব বলা যাইবে।

বিষুববৃত্তের একটি তির্য্যক্ বৃত্তের নাম উদ্‌বৃত্ত।* উহা আকাশের দুই ধ্রুব এবং দ্রষ্টার ক্ষিতিজের পূর্ব্ব ও পশ্চিম বিন্দু দিয়া গিয়াছে। এদেশের ন্যায় পৃথিবীর উত্তরার্দ্ধ হইতে দেখিলে, বিষুববৃত্তকে সমবৃত্ত হইতে দক্ষিণে হেলিয়া থাকিতে দেখায়। তেমনই উদ্‌বৃত্তের উত্তরাংশ ক্ষিতিজের উপরে উঠিয়া থাকিতে দেখায়। এই বৃত্তের দক্ষিণাংশ ক্ষিতিজের নিম্নে থাকে। দেখ, ক্ষিতিজের পূর্ব্ব ও পশ্চিম বিন্দুতে উদ্‌বৃত্ত, বিষুববৃত্ত ও সমবৃত্ত পরস্পর ছেদন করিতেছে।

যদি যাম্যোত্তর বৃত্ত দিয়া একখানি অনন্ত বিস্তৃত কিন্তু সূক্ষ্ম পাটা কল্পনা করা যায়, তাহা হইলে উহা পৃথিবীর পৃষ্ঠদেশকে এক রেখায় ছেদন করিবে। সেই রেখাকে মধ্যরেখা (meridian line) বলা যায়। পাটার পরিবর্ত্তে তল (plane) বলা যায়। এইরূপ, ক্ষিতিজ-বৃত্তগত তল আছে। উহা পুষ্করিণীর জলপৃষ্ঠের ন্যায় সমান। ক্ষিতিজ-গত তলকে ধরাতল (horizontal plane) বলে। সূত্র দ্বারা একখণ্ড ইট ঝুলাইলে সেই অবলম্ব-সূত্র ধরাতলে তির্য্যক্ থাকে। বিষুববৃত্ত-গত তল পৃথিবীর পৃষ্ঠদেশকে যে রেখায় ছেদন করে, তাহাকে নিরক্ষ-বৃত্ত বা নিরক্ষ-রেখা (equator) বলে। সমবৃত্ত-গত তল যে রেখাতে ধরাতলকে ছেদন করে, তাহাকে পূর্বাপর-রেখা বলে। কারণ, সেই রেখার এক প্রান্তে পূর্ব্বদিক্, অন্য প্রান্তে অপর অর্থাৎ পশ্চিম দিক্। তেমনই বিষুববৃত্ত-গত তল ও উদ্‌বৃত্ত-গত তল পরস্পর পূর্ব্বাপর-রেখায় ছেদন করে। বলা বাহুল্য, মধ্যরেখা ও পূর্বাপর-রেখা ধরাতলে থাকিয়া পরস্পর তির্য্যক্‌ভাবে ছেদন করে। মধ্য-রেখা ও পূর্বাপর-রেখা দ্রষ্টার স্থানভেদে ভিন্ন ভিন্ন হয়, কিন্তু নিরক্ষ-রেখা কদাপি হয় না।

* এই বৃত্তের ইংরাজি নাম নাই। এই সংজ্ঞা ও এই পরিচ্ছেদের অপরাপর সংজ্ঞা, সংস্কৃত জ্যোতিষ হইতে গৃহীত।

৩য় চিত্রে উক্ত কয়েকটি বৃত্ত প্রদর্শিত হইয়াছে। দ দর্শক, উ প য পূ তাঁহার ক্ষিতিজ, উ ধ্রু খ বি য ধ্রু´ খ´ ষু তাঁহার যাম্যোত্তর, পূ খ প খ´ তাহার সমবৃত্ত। ধ্রু উত্তর ধ্রুব, ধ্রু´ যাম্যধ্রুব; ধ্রুধ্রু´ ধ্রুবরেখা, ধ্রু প ধ্রু´ পূ উদ্‌বৃত্ত। বি প ষু পূ বিষুববৃত্ত। দেখ, যাম্যোত্তর ও ক্ষিতিজ-তল পরস্পর ছেদন করিয়া উ দ য মধ্য-রেখা, এবং বিষুব, উদ্‌বৃত্ত ও

৩য় চিত্র।

সমবৃত্ত পরস্পর ছেদন করিয়া পূ দ প পূর্বাপর-রেখা জাত করিয়াছে। খ দ বি কোণ অর্থাৎ খ বি চাপ দর্শকের অক্ষাংশ।

আমরা পৃথিবীরূপ ঘড়ীর কাঁটা খুঁজিতে খুঁজিতে অনেক দূরে আসিয়া পড়িয়াছি। আমরা পৃথিবীকে স্থির মনে করিয়া আসিতেছি। তবে পৃথিবী স্থির, দর্শক স্থির; সুতরাং দর্শকের স্বদেশে যাম্যোত্তর ও ক্ষিতিজবৃত্ত স্থির। কিন্তু তারাময় গগন অস্থির। প্রত্যেক তারা পূর্ব্বক্ষিতিজে উদিত হইয়া ক্রমশঃ যাম্যোত্তর বৃত্তে আসে, এবং তাহাকে অতিক্রম করিয়া পশ্চিম ক্ষিতিজে অস্তগত হয়। ২য় চিত্রে ত তারা ক্ষিতিজের ত স্থানে উদিত হইয়া ত´ স্থানে যাম্যোত্তর ভেদ করে, এবং পশ্চিম ক্ষিতিজের ত´´ স্থানে অস্তগত হয়। যে বৃত্তে কোন তারা পূর্ব্ব হইতে পশ্চিম আকাশে গমন করে, তাহাকে তাহার অহোরাত্র-বৃত্ত (diurnal circle) বলে। প্রত্যেক তারার এক এক অহোরাত্র বৃত্ত আছে। এই সকল বৃত্ত ও বিষুববৃত্ত দৃশ্য হইলে, তৎসমুদয়কে সমান্তরে (parallel) দেখা যাইত। অতএব যত সময়ে কোন তারা একবার

ঘুরিয়া আসে, ঠিক তত সময়ে বিষুববৃত্তের প্রত্যেক বিন্দু আসে। মনে আছে, আমরা পৃথিবীকে ঘড়ীর স্থির চাকা, এবং গগনমণ্ডলকে ঘূর্ণ্যমান চাকার সহিত তুলনা করিয়া আসিতেছি। মনে কর, কোন তারা ক্ষিতিজে একবার উদিত হইয়া পুনর্বার উদিত হইল। অতএব জানা গেল, গগন-মণ্ডল ঠিক একবার আবর্ত্তন করিয়াছে। এস্থলে ক্ষিতিজ ঘড়ীর কাঁটা-স্বরূপ হইল। যাম্যোত্তর-বৃত্ত লইলেও সেই ফল হইবে। যত সময়ে কোন তারা ক্ষিতিজ কিংবা যাম্যোত্তর বৃত্ত হইতে গমন করিয়া পুনর্ব্বার তথায় আগমন করে, তত সময়কে নাক্ষত্র দিবস (sidereal day) বলে। উহার পরিমাণ প্রত্যহ এক থাকে। উহা বিলাতী ঘড়ীর সময়ের ২৩ ঘণ্টা ৫৬ মিনিট.৪ সেকেণ্ড। তবে, কোন তারা আজ যত ঘণ্টা মিনিটের সময় যাম্যোত্তরে আসিল, কল্য সেই সময়ের ৩ মিনিট ৫৬ সেকেণ্ড পূর্ব্বে আসিবে, পরশ্বঃ ৭ মিনিট ৫২ সেকেণ্ড পূর্ব্বে আসিবে। *

কিন্তু নাক্ষত্র দিবস সমান হইলেও সকল তারা সমান সময় ক্ষিতি-জের উপরে থাকে না। যে তারা বিষুববৃত্তে অবস্থিত, কেবল সেই তারা নাক্ষত্র দিবসের অর্দ্ধেক সময় ক্ষিতিজের উপরে, এবং অন্য অর্দ্ধেক সময় ক্ষিতিজের নীচে থাকে। যে সকল তারা বিষুববৃত্তের দক্ষিণে অবস্থিত, তাহারা অপেক্ষাকৃত অল্প সময় ক্ষিতিজের উপরে, এবং অধিক সময় ক্ষিতিজের নীচে থাকে। সেইরূপ, যে সকল তারা বিষুববৃত্তের উত্তরে অবস্থিত, তাহারা অধিক সময় ক্ষিতিজের উপরে, এবং অল্প সময় ক্ষিতি-

---

* ঘড়ী দ্রুত বা মন্দ চলিতেছে, কখন কখন তাহা নিরূপণ করা আবশ্যক হয়। এক সহজ উপায় এই। একই স্থানে থাকিয়া কোন বাড়ীর কোণ হইতে কোন তারাকে অদৃশ্য হইতে দেখ। আজ যত ঘণ্টা মিনিটে দেখিবে, কল্য তাহার ৩ মিনিট ৫৬ সেকেণ্ড পূর্ব্বে দেখিবে। যদি না দেখ, তাহা হইলে ঘড়ী দ্রুত বা মন্দ চলিতেছে। যথা, আজ দেখা গেল ৭ টা ৪০ মিনিটে, কল্য ৭টা ৪২ মিনিটে। সুতরাং ঘড়ী এক দিনেই প্রায় ৬ মিনিট দ্রুত গিয়াছে।

জের নীচে থাকে। ৩য় চিত্রে ক্ষিতিজের উপরে ও নীচে অহোরাত্র-বৃত্তের পরিমাণ দেখিলে বিষয়টি স্পষ্ট বুঝা যাইবে।

তবে, আমাদের ক্ষিতিজ দ্বারা তারা-সমূহের অহোরাত্র-বৃত্ত দুই অসম ভাগে বিভক্ত হয়। ক্ষিতিজ দ্বারা গগনমণ্ডল দুই সমভাগে বিভক্ত হয়। কিন্তু তারা-সমূহের অহোরাত্র-বৃত্তগুলি ক্ষিতিজের প্রতি অবনত বলিয়া তৎসমুদয় সমভাগে বিভক্ত হয় না। কেবল বিষুব-বৃত্তস্থ তারার অহোরাত্র-বৃত্ত সমভাগে বিভক্ত হয়। কিন্তু যাঁহারা পৃথিবীর উত্তরার্দ্ধে কিংবা দক্ষিণার্দ্ধে না থাকিয়া ঠিক মধ্যভাগে অর্থাৎ নিরক্ষবৃত্ত-প্রদেশে আছেন, তাঁহাদের মস্তকের উপর দিয়া বিষুববৃত্ত গিয়াছে, তাঁহাদের ক্ষমবৃত্ত বিষুববৃত্তের সহিত মিলিয়া এক হইয়াছে, এবং তাঁহাদের ক্ষিতিজ দ্বারা তারা সমূহের অহোরাত্র-বৃত্ত দুই সমভাগে বিভক্ত হইয়াছে। অতএব সে দেশে সমুদয় তারা ক্ষিতিজের উপরে যত সময় থাকে, নীচেও তত সময় থাকে। বলা বাহুল্য, নিরক্ষদেশ ব্যতীত অন্য কোন দেশে ঐ দুই সময় সমান হয় না। কিন্তু সর্ব্ব দেশেরই যাম্যোত্তর বৃত্ত দ্বারা অহোরাত্র-বৃত্ত দুই সমভাগে বিভক্ত হয়। অতএব যাম্যোত্তর-বৃত্তকে পৃথিবীর কাঁটা-স্বরূপ মনে করিলে সুবিধা আছে। পূর্ব্বক্ষিতিজ হইতে যাম্যোত্তর যত দূরে, পশ্চিম ক্ষিতিজ হইতেও ঠিক তত দূরে। কারণ ক্ষিতিজ ও যাম্যোত্তর বৃত্ত পরস্পর তির্য্যক্ অব-স্থিত। এজন্য কোন তারা পূর্ব্ব ক্ষিতিজ হইতে যাম্যোত্তরে যত সময়ে আসে, ঠিক তত সময়ে যাম্যোত্তর হইতে পশ্চিম ক্ষিতিজে উপস্থিত হয়। ৪র্থ চিত্রে, মনে কর খ দ যাম্যোত্তর এবং পূ খ প কোন তারার অহোরাত্র

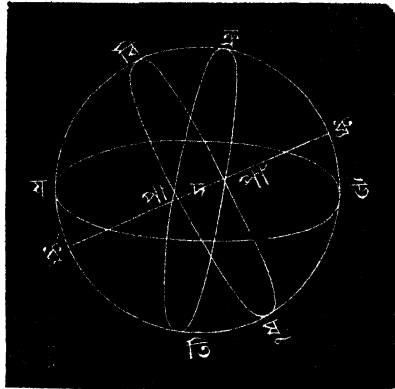
৪র্থ চিত্র।

বৃত্ত। যদি খ পু, খ প চাপ-(arc) দ্বয়কে কতকগুলি সমান ভাগে চিহ্নিত করা যায়, তাহা হইলে তদ্দ্বারা সময় জ্ঞাপিত হইতে পারে। যদি এরূপ প্রশ্ন হয়, এখন সময় কত? তাহার উত্তর এইরূপ দিতে পারা যায়,—তারাটি যাম্যোত্তর উত্তীর্ণ হইতে ২ ঘণ্টা আছে, কিংবা ২ ঘণ্টা হইল তারাটি যাম্যোত্তর উত্তীর্ণ হইয়াছে। কেন এরূপ বলিতে হয়, তাহা বুঝা সহজ। যদি জানা থাকে যে, তারাটি ৬টার সময় উদিত হইয়াছে, তাহা হইলে সঙ্গে সঙ্গে বুঝি, উহা ৬টার সময় অস্ত হইবে। অতএব তারাটির উদয়াস্ত-ঘণ্টা জানা থাকিলে বলিতে পারি, তারাটির উদয়াবধি ২ ঘণ্টা কি ৩ ঘণ্টা গত হইয়াছে। কিন্তু উদয়াস্তকাল জানা না থাকিলে ঐরূপ বলিতে পারা যায় না। তখন অন্যরূপ—অর্থাৎ যাম্যোত্তরে আসিতে এষ্যকাল, এবং যাম্যোত্তর ছাড়াইয়া গত কাল—বলাই একমাত্র উপায়। এই দুই কালের নাম নতকাল।

এ যাবৎ আমরা তারা লইয়া প্রসঙ্গ করিতেছি, সূর্য্য লইয়া করি নাই। গগনমণ্ডল-সহ তারাসমূহ পূর্ব্ব ক্ষিতিজে উদিত হইয়া পশ্চিম ক্ষিতিজে অস্তগত হয়। সূর্য্যও সেইরূপ হয়। কিন্তু সূর্য্যের কিঞ্চিৎ বিশেষ আছে। সূর্য্য তারাগণের মধ্য দিয়া প্রত্যহ অল্পে অল্পে পশ্চিম হইতে পূর্ব্বদিকে গমন করিতেছে, এবং এইরূপে এক বৎসরে পূর্ব্বস্থানে উপস্থিত হইতেছে। সুতরাং বুঝা যাইতেছে, যদি আজ সূর্য্য ও কোন তারা একই সময়ে উদিত হয়, কল্য তারার উদয়ের কিছু পরে সূর্য্য উদিত হইবে। কেননা এক দিবসের মধ্যেই সূর্য্য তারাকে ছাড়াইয়া তাহার কিঞ্চিৎ পূর্ব্বদিকে চলিয়া যাইবে। সূর্য্যের এক উদয় হইতে দ্বিতীয় উদয়, কিংবা যাম্যোত্তর হইতে গিয়া পুনর্ব্বার তথায় উপনীত হইতে যত সময় লাগে, তাহাকে সাবান দিবস (solar day) বলে।

বৎসরের প্রতিদিন সাবান দিবসের পরিমাণ এক থাকে না।

গ্রীষ্মকালে সূর্য্য এক দিবসে যত পথ অগ্রসর হয়, শীতকালে তদপেক্ষা কিঞ্চিৎ অধিক হয়। অতএব গ্রীষ্ম ও শীতকালে সাবন দিবসের পরিমাণে প্রভেদ পড়িবে। আর এক কারণ আছে। সূর্য্যের বৎসর-ব্যাপী ভ্রমণ-পথ বিষুব-বৃত্ত নহে, কিংবা কোন তারার অহো-

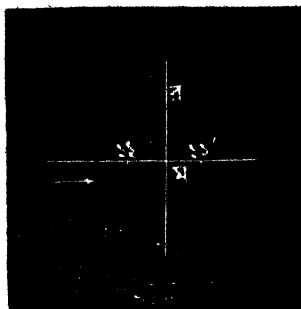
৫ম চিত্র।

রাত্রবৃত্তের ন্যায় বিষুববৃত্তের সমান্তরাল বৃত্ত নহে। সূর্য্যের পথ বিষুববৃত্তের প্রতি অবনত। ৫ম চিত্রে বি পা যু পা´ বিষুববৃত্ত, ক্র পা´ তি পা´ রবিপথ। এই দুই বৃত্ত পা´ স্থানে পরস্পর ছেদন করিয়াছে। ঐ দুই স্থানকে ক্রান্তিপাত (equinoctial points) বলে। রবিপথকে ক্রান্তিবৃত্ত (ecliptic) বলে। ক্রান্তিবৃত্ত বিষুববৃত্তের প্রতি অবনত; সুতরাং সূর্য্য প্রত্যহ সমান পথ অগ্রসর হইলেও সাবন দিবস সমান থাকিত না। সূর্য্য প্রত্যহ বিষুববৃত্ত হইতে একই অন্তরে থাকে না। বৎসরে দুই বার মাত্র উহা বিষুববৃত্তে উপস্থিত হয়। বলা বাহুল্য, সূর্য্য ক্রান্তিপাতে আসিলেই এইরূপ হয়। অন্য দিন উহা বিষুববৃত্ত হইতে উত্তরে কিংবা দক্ষিণে থাকে। যত অংশাদি দূরে থাকে, তাহাকে রবির ক্রান্ত্যংশ (declination) বলে। কিন্তু সূর্য্য বিষুববৃত্ত হইতে কদাপি ২৩ অংশ ২৭ কলার অধিক দূরে থাকে না। এজন্য রবির পরম ক্রান্ত্যংশ ২৩।২৭ বলা যায়।

অতএব দেখা গেল দুই কারণে সাবন দিবসের পরিমাণ প্রত্যহ

সমান থাকে না। এক কারণ সূর্য্যের দিনগতি (প্রতিদিনের গতি) বিষম ; অপর কারণ ক্রান্তিবৃত্ত বিষুববৃত্তে অবনত। বৎসরের সকল সাবন-দিবসের মধ্য (mean) লইলে মধ্যম সাবন দিবস (mean solar day) পাওয়া যায়। মধ্যম সাবন দিবস কল্পিত দিবস, কিন্তু প্রত্যহ পরিমাণে সমান থাকে। এক মধ্যম সাবন দিবসের পরিমাণ ২৪ ঘণ্টা। সমান কিন্তু কল্পিত মধ্যম সাবন দিবস হইতে অসমান কিন্তু প্রত্যক্ষ-যোগ্য সাবন দিবস প্রভেদ করিতে শেষোক্ত দিবসকে স্ফুট বা স্পষ্ট সাবন দিবস (apparent solar day) বলে। যখন সূর্য্য যাম্যোত্তরগত হয়, তখন স্ফুট মধ্যাহ্ন বা, কেবল, মধ্যাহ্ন (দিনের ঠিক মধ্য) হয়। সূর্য্যোদয়াবধি মধ্যাহ্ন পর্য্যন্ত পূর্ব্বাহ্ণ, মধ্যাহ্নাবধি সূর্য্যাস্ত পর্য্যন্ত পরাহ্ণ। যখন ঘড়ীতে ১২টা বাজে, তখন তাহাকে দিন ১২টা বা কেবল ১২টা বলা যাইবে।

পূর্ব্বে বলা গিয়াছে, বিলাতী ঘড়ীর চাকার বেগ নিরন্তর সমান থাকে। সমান না থাকিলে ঘড়ীর দোষ বলা যায়, এবং যাহাতে সমান থাকে তাহার চেষ্টা করা হয়। এইরূপে মধ্যম সাবন কালের তুল্য কাল দেখাইতে বিলাতী ঘড়ীর, এবং স্ফুট সাবন কাল দেখাইতে সূর্য্য-ঘড়ীর সৃষ্টি হইয়াছে। এই দুই ঘড়ীর কালের অন্তরকে কাল-সমীকরণ (equation of time) বলা যায়।

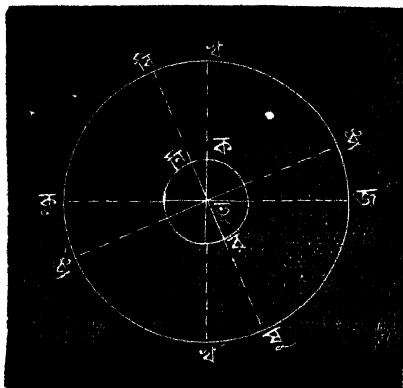
বৎসরের মধ্যে কেবল চারি দিবস উভয় ঘড়ী সমান যায়। অর্থাৎ বিলাতী ঘড়ীতে যখন ১২টা বাজে, সূর্য্য-ঘড়ীতেও তখন মধ্যাহ্ন হয়। ঐ চারি দিবস কাল-সমীকরণ ০। ১৫ এপ্রেল, ১৫ জুন, ১ সেপ্টেম্বর, এবং ২৫ ডিসেম্বর ঐ চারি দিন। অন্যান্য দিবসে কাল-সমীকরণ একই থাকে না। অর্থাৎ বিলাতী ঘড়ী ধরিয়া সূর্য্যকে যাম্যোত্তরগত হইতে দেখিলে জানা যায় যে, ঘড়ীতে ১২টা বাজিবার পূর্ব্বে কিংবা ১২টা বাজিবার পরে সূর্য্য যাম্যোত্তরে উপস্থিত হয়। এইরূপে, সূর্য্য-ঘড়ীতে

যখন ১২টা, তখন বিলাতী ঘড়ীতে হয়ত ১২টা বাজে না, কিংবা বাজিয়া গিয়াছে। ৬ষ্ঠ চিত্রে ম র যাম্যোত্তর, ১২ ম ১২' রবির কোন দিনের অহোরাত্র বৃত্ত। কোন কোন দিন বিলাতী ঘড়ীতে ১২টা বাজিবার পর র রবি ম র যাম্যোত্তরে আসে,

৬ষ্ঠ চিত্র।

কোন কোন দিন রবি যাম্যোত্তরে পূর্ব্বেই আসে এবং তাহার আসিবার পরে বিলাতী ঘড়ীতে ১২টা বাজে। যত পূর্ব্বে বা যত পরে আসে, তাহাই কাল-সমীকরণ। যে দিন সূর্য্য ঘড়ীতে মধ্যাহ্ন হইবার পরে বিলাতী ঘড়ীতে ১২টা বাজে, সেদিন সূর্য্য-ঘড়ীর সময়ে কাল-সমীকরণ যোগ করিলে বিলাতী ঘড়ীর সময় জানা যায়। এজন্য সে দিন কাল-সমীকরণ ধন (+)। যে দিন বিলাতী ঘড়ীতে ১২টা বাজিবার পরে সূর্য্য-ঘড়ীতে মধ্যাহ্ন হয়, সে দিন সূর্য্য-ঘড়ীর সময় হইতে কাল-সমীকরণ হীন করিলে বিলাতী ঘড়ীর সময় জানা যায়। এজন্য সে দিন কাল-সমীকরণ ঋণ (−)।

কোন্ বৎসর কোন্ দিন কাল-সমীকরণ কত, তাহা গণিত হইতে পারে। প্রতি বৎসর একই দিনের কাল-সমীকরণ একই থাকে না। এজন্য কোন্ দিবসে কত, তাহা কোন এক বৎসরের জানা থাকিলে তদ্দ্বারা চিরকাল কাল-সমীকরণ ঠিক পাওয়া যায় না। কিন্তু ঐ বার্ষিক অন্তর এত অল্প যে, পরিশিষ্টে প্রদত্ত সারণীর কাল-সমীকরণ অনেক বৎসর পর্য্যন্ত ঠিক মনে করা যাইতে পারিবে।

এখন অপর দুই একটা বিষয় বলা যাইতেছে। তন্মধ্যে অক্ষাংশ প্রধান। পূর্ব্বে বলা গিয়াছে যে, ভূগোলপৃষ্ঠে বিষুববৃত্ত-তলের ছেদ-

রেখার নাম নিরক্ষবৃত্ত। উহা পৃথিবীর পূর্ব্বপশ্চিমে বিস্তৃত হইয়া পৃথিবীকে উত্তর ও দক্ষিণ দুই অর্দ্ধে ভাগ করিতেছে। আমরা নিরক্ষ-বৃত্তের উত্তরে আছি। কারণ একটি দীর্ঘ অবলম্ব-সূত্র আমাদের দেশ হইতে আকাশমণ্ডল পর্য্যন্ত বিস্তৃত করিলে উহা বিষুব-বৃত্তের উত্তরে আকাশ স্পর্শ করে। যেখানে উহা স্পর্শ করে, তাহার নাম খ-মধ্য (খ=আকাশ, খ-মধ্য=Zenith)। সহজেই বুঝা যাইবে, ঐ অবলম্ব-সূত্রে যাম্যোত্তর-বৃত্ত-তল ও সমবৃত্ত-তল পরস্পর ছেদন করিবে। ৭ম চিত্রে ভূ ভূগোল, ধ্রু ধ্রু´ ধ্রুবরেখা, বিষু বিষুব-বৃত্ত, নির নিরক্ষবৃত্ত, ক কলিকাতা, কখ অবলম্ব সূত্র, খ খ-মধ্য, জ খ কু খ´ কলিকাতার যাম্যোত্তর-বৃত্ত। খ ভূ বি কোণ কলিকাতার অক্ষ। অংশ (degrees), কলা (minutes), বিকলা (seconds) দ্বারা কোণ পরিমিত হয় বলিয়া অক্ষ পরিবর্ত্তে অক্ষাংশ (degrees of latitude) বলা হইয়া থাকে। উক্ত কোণ বি খ চাপ দ্বারা পরিমিত হয়। সমগ্র বৃত্তে ৩৬০ অংশ। কলিকাতার পক্ষে বি খ চাপের পরিমাণ ২২ অংশ ৩৫ কলা। কু জ কলিকাতার ক্ষিতিজ, কারণ খ খ´ কলিকাতার অবলম্ব-সূত্র। কু জ এবং খ খ´ রেখাদ্বয় পরস্পর তির্য্যক্‌ভাবে আছে। অতএব জ খ, খ কু, কু খ´, খ´জ যাম্যোত্তর-বৃত্তের চারি পাদ। তেমনই ধ্রু ধ্রু´ ও বিষু রেখাদ্বয় পরস্পর তির্য্যক্‌ভাবে থাকিয়া যাম্যোত্তর-বৃত্তকে ধ্রু বি, বি ধ্রু´, ধ্রু´ ষু, ষু ধ্রু চারি পাদে বিভক্ত করিয়াছে। অতএব জ খ=৯০ অংশ, ধ্রু বি=৯০ অংশ।

৭ম চিত্র।

সুতরাং বি খ=ধ্রু জ=কলিকাতার অক্ষাংশ। এইরূপে জানা গেল যে, যে দেশের যত অক্ষাংশ, সেই দেশের ক্ষিতিজ হইতে তত অংশ উচ্চে ধ্রুব থাকে। ধ্রুব-তারা আকাশের ধ্রুবের সন্নিকটে অবস্থিত। সম্প্রতি উভয়ের অন্তর ১।১৩ অংশাদি। অর্থাৎ অত অংশাদি দূরে থাকিয়া ধ্রুব নামক তারা আকাশের ধ্রুবকে প্রত্যহ প্রদক্ষিণ করিতেছে। পরিশিষ্টে বঙ্গদেশের প্রধান প্রধান নগরের অক্ষাংশ প্রদত্ত হইবে।

যদি সূর্য্যের দিনগতি প্রত্যহ সমান থাকিত, তাহা হইলে উহা এক মধ্যম সাবন দিবসে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করিত। বৎসরের বিভিন্ন দিবসের সূর্য্যের দিনগতির পরিমাণে এত অল্প প্রভেদ যে, তাহা আমাদের কার্য্যের পক্ষে ধর্ত্তব্য নহে। অতএব সূর্য্য এক মধ্যম সাবন দিবসে বিষুব-বৃত্তের ৩৬০ অংশও অতিক্রম করে। কারণ যাবতীয় বৃত্ত-পরিধির ন্যায় বিষুব-বৃত্তের পরিধি ৩৬০ অংশে বিভক্ত কল্পনা করা যায়। এক মধ্যমসাবন দিবসে ২৪ ঘণ্টা বা ৬০ দণ্ড। অতএব ১ ঘণ্টায় সূর্য্য বিষুব-বৃত্তের ১৫ অংশ, ১ দণ্ডে ৬ অংশ অতিক্রম করিতেছে। তবেই, কোন নির্দ্দিষ্ট সময়ের পর সূর্য্য বিষুব-বৃত্তের কত অংশ অতিক্রম করিয়াছে, জানিলে গত কাল জানিতে পারা যায়। তেমনই, ঐ কাল জানিলে বিষুব-বৃত্তের অংশও জানা যায়।

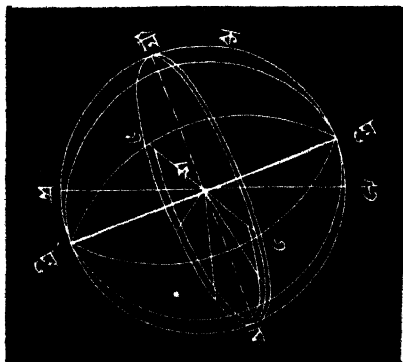
কলিকাতার যাম্যোত্তর হইতে ঢাকার যাম্যোত্তর পূর্ব্বদিকে, মেদিনী-পুরের যাম্যোত্তর পশ্চিমদিকে থাকে। সূর্য্য ঢাকার যাম্যোত্তরে প্রথমে, তার পর কলিকাতার, তার পর মেদিনীপুরের যাম্যোত্তরে আসে। সূর্য্য কলিকাতার যাম্যোত্তরে আসিবার যত মিনিট সেকেণ্ড (বা দণ্ড পল বিপল) পরে বা পূর্ব্বে অন্য স্থানের যাম্যোত্তরে আসে, তাহাকে কলি-কাতা হইতে সেই স্থানের দেশান্তর বলে। পরিশিষ্টে অক্ষাংশের সহিত দেশান্তর লিখিত হইবে।

সূর্য্য ঘড়ী নির্ম্মাণ নিমিত্ত কয়েকটি যন্ত্র আবশ্যক হইবে। রেখার

দৈর্ঘ্য-পরিমাণ নিমিত্ত রেখা-মান (linear scale), কোণ-পরিমাণ নিমিত্ত কোণ-মান (protractor), কোণাংশ নিমিত্ত পূর্ণজ্যা-মান (scale of chords), ঋজু রেখা অঙ্কন নিমিত্ত ঋজু-ধার (straight egde), সমান্তর রেখা নিমিত্ত সমরেখা-কর্ষণ (parallel ruler), বৃত্ত নিমিত্ত কর্কট-যন্ত্র (compasses) আবশ্যক হইবে। এই সকল যন্ত্র-ব্যবহারে দক্ষ না হইলে শঙ্কু-নির্ম্মাণে দোষ ঘটিবে। আর একটি কথা মনে রাখিতে হইবে। একবারেই ধাতু প্রস্তরাদিতে সূর্য্য ঘড়ী নির্ম্মাণ না করিয়া প্রথমে কাগজে আঁকিতে চেষ্টা করিবে। কাগজে যাহা আঁকিতে পারিবে না, তাহা ধাতু প্রস্তরাদিতে আঁকিবার আশা করিবে না। কেবল সূর্য্য-ঘড়ী রচনাসম্বন্ধে এই কথা নহে, যাবতীয় দ্রব্য নির্ম্মাণেই এই উপদেশ অবশ্য পালনীয়।

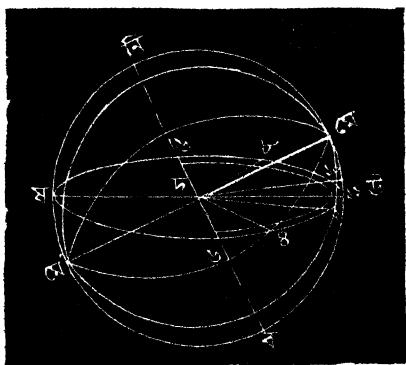
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ।

সূর্য্য-ঘড়ীর মূলতত্ত্ব ও নাম।

সূর্য্য-ঘড়ী নির্ম্মাণের পূর্ব্বে তাহার মূলতত্ত্ব জানা আবশ্যক। এ নিমিত্ত আমাদের প্রাচীন জ্যোতির্বিদগণ গোলযন্ত্র (globe) ব্যবহার করিতেন। তদভাবে মনে কর, সমগ্র পৃথিবী ফাঁপা এবং কাচের ন্যায় স্বচ্ছ (৮ম চিত্র)। উহার কেন্দ্র দ দিয়া আকাশের ধ্রুবাভিমুখে যে মে এক ধাতুময় মেরুদণ্ড বা ধ্রুবযষ্টি স্থাপিত আছে। নি র নিরক্ষবৃত্ত ২৪ সমভাগে বিভক্ত, এবং ভাগস্থান দিয়া ভূপৃষ্ঠে ১২টি যাম্যোত্তর-রেখা অঙ্কিত হইয়াছে (চিত্রে ৩টি রেখা প্রদর্শিত হইয়াছে)। পৃথিবী

৮ম চিত্র

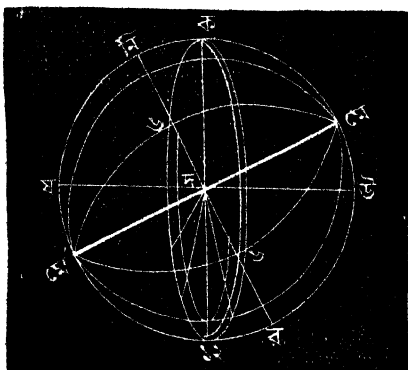
এরূপ হইলে সূর্য্যের উদয় হইতে অস্ত পর্য্যন্ত ধ্রুবযষ্টির ছায়া বামাবর্ত্তক্রমে একটির পর একটি যাম্যোত্তর-রেখার নিম্নার্দ্ধে পড়িতে থাকিবে। নিরক্ষবৃত্ত ২৪ ভাগে বিভক্ত, সুতরাং ঐ ছায়া এক ঘণ্টা অন্তর পড়িতে থাকিবে। অন্য পক্ষে, যখনই ধ্রুবযষ্টির ছায়া একটি হইতে আর একটি রেখায় পড়িবে, তখনই বুঝিব এক ঘণ্টা গত হইল।

দেখা যাইতেছে, সময় জানিবার নিমিত্ত সমগ্র পৃথিবী আবশ্যক নাই। উহার নিরক্ষবৃত্তের অনুরূপ এবং ক্ষুদ্র একটি চক্র এবং ধ্রুবযষ্টির অনুরূপ এবং ক্ষুদ্র একটি যষ্টি লইয়া চক্রখানি নিরক্ষবৃত্তের বা বিষুব-বৃত্তের এবং যষ্টিখানি ধ্রুবযষ্টির সমান্তরালে স্থাপন করিলে অভীষ্ট সিদ্ধ হইবে। বস্তুতঃ উহা একটি সূর্য্য-ঘড়ী হইবে। উহাকে বিষুবপীঠ সূর্য্য-ঘড়ী (equinoctial dial) বলা যাইবে।

মনে কর, উক্ত ধ্রুবযষ্টির ছায়া স্বদেশের ক্ষিতিজতলে (বা ধরাতলে) পড়িবার ব্যবস্থা করা গেল (৯ম চিত্র)। এ স্থলে উক্ত যাম্যোত্তর রেখা-সকল ধরাতলের যেখানে যেখানে স্পর্শ করিবে, সেখানে সেখানে চিহ্ন করিলে আর একপ্রকার সূর্য্য ঘড়ী হইবে। ধরাতল পীঠ বলিয়া এই সূর্য্য-ঘড়ীকে ধরাপীঠ (horizontal dial) বলা যাইবে।

৯ম চিত্র।

যদি ধ্রুবযষ্টির ছায়া স্বদেশের সমবৃত্ত-তলে গ্রহণ করা যায় (১০ম চিত্র), তাহা হইলে অন্য এক প্রকার সূর্য্য-ঘড়ী হইবে। উহাকে সমপীঠ ঘড়ী বলা যাইবে।

সমবৃত্ত-তলের দক্ষিণ পৃষ্ঠে ছায়া পড়িলে, দক্ষিণমুখী, এবং উত্তর পৃষ্ঠে পড়িলে উত্তরমুখী, সূর্য্য-ঘড়ী হইবে।

যে সূর্য্য-ঘড়ীর ছায়া-পাতাধার অভীষ্ট স্থানের যাম্যোত্তরে অবস্থিত, তাহাকে যাম্যোত্তরপীঠ বলা যায়। ইহারও দুই পৃষ্ঠ আছে। তদনুসারে ইহা পূর্ব্বমুখী কিংবা পশ্চিমমুখী হইতে পারে। পূর্ব্বমুখী, পশ্চিমমুখী এবং উত্তর-মুখী ও দক্ষিণমুখী, এই চতুর্বিধ ঘড়ীর আধার অব-লম্বসূত্রের সমান্তরে থাকে। এ নিমিত্ত ইহাদের সাধারণ

১০ম চিত্র।

নাম দৃক্‌পীঠ (vertical dial)। যদি আধার ঠিক যাম্যোত্তর-তলে কিংবা সমবৃত্ত-তলে না থাকে, তাহা হইলে অপগত-পীঠ ঘড়ী হয় (declining dial)। যে সূর্য্য-ঘড়ীর ছায়া-পাতাধার অভীষ্ট স্থানের ক্ষিতিজের প্রতি অবনত, তাহাকে অবনত পীঠ (inclining and reclining) সূর্য্য-ঘড়ী বলে। অবনতির পরিমাণানুসারে ইহা বহুবিধ হইতে পারে। তন্মধ্যে দুই প্রকারের নির্ম্মাণ প্রসিদ্ধ। একটি উপরে বিষুবপীঠ (equinoctial dial) নামে পাওয়া গিয়াছে। অন্য-টির পীঠ উদ্বৃত্তের সমান্তরে থাকে। এই ঘড়ীকে উৎপীঠ (polar dial) বলা যায়।

এই সকল বহুবিধ ঘড়ীকে স্থূলতঃ দুই ভাগ করিতে পারা যায়। কতকগুলির পীঠ ক্ষিতিজের সমান্তর কিংবা তৎপ্রতি অবনত, অন্যগুলির পীঠ অবলম্বের সমান্তর কিংবা তৎপ্রতি অবনত। দেখা যাইতেছে,

যাহা ক্ষিতিজের প্রতি অবনত, তাহাকে অবলম্বেরও প্রতি অবনত বলা যাইতে পারে। একখানি পোষ্টকার্ডের মধ্যস্থলে একটা ছুঁচ কিংবা আলপিন বিদ্ধ করিয়া পোষ্টকার্ডখানি ক্ষিতিজের কিংবা অবলম্বের সমান্তর কিংবা অবনত করিয়া ধরিলে উল্লিখিত সূর্য্য-ঘড়ীর নামকরণ স্পষ্ট বুঝা যাইবে।

উল্লিখিত বিবরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, যাবতীয় সূর্য্য-ঘড়ীর দুইটি অঙ্গ। একটি ধ্রুবযষ্টি, অন্যটি ধ্রুবযষ্টির ছায়া-গ্রহণোপযোগী কোন আধার। ধ্রুবযষ্টি শলাকাকার হইলে সহজে ভগ্ন বা বক্র হইতে পারে; এ নিমিত্ত উহা প্রায়ই পট্টাকার হয়। উহার আকার যাহাই হউক, উহাকে ধ্রুবপট্ট বা কীলক বলা যাইবে। ছায়া-পাতের আধারের আকার ও উপাদান নানাবিধ হইতে পারে। উহার আকার গোল, চতুরস্র, আয়ত, এবং উহার উপাদান ধাতু, প্রস্তর, কাষ্ঠ যাহাই হউক, উহাকে পীঠ বলা যায়। উক্ত পীঠ যে স্থানে স্থাপিত হয়, তাহাকে ভূমি বলা যাইবে। পীঠের যে রেখার উপরে ধ্রুবপট্ট স্থাপিত হয়, অর্থাৎ পীঠ ও ধ্রুবপট্টের স্পর্শরেখাকে পট্টরেখা বলা যাইবে।

অপগত-পীঠ-যন্ত্র ব্যতীত সমুদয় যন্ত্রের ধ্রুবযষ্টি অভীষ্ট স্থানের যাম্যোত্তর-তলে থাকে। সমুদয় যন্ত্রে উহা ধ্রুবাভিমুখে থাকিবে। এই কথাটি বিস্মৃত হইবে না। যে ঘড়ীই হউক, এবং ধ্রুবপট্টের আকার যাহাই হউক, উহার ছায়াপতিত পালি ধ্রুবাভিমুখে থাকিবে। অভীষ্ট স্থানের অক্ষাংশ, এবং পীঠের অবস্থানভেদে ঘণ্টাজ্ঞাপক চিহ্ন সকল বিভিন্ন অংশে পড়িবে। এই সকল চিহ্নকে ঘণ্টারেখা বলে। প্রথমে মধ্যরেখা-নিরূপণের ক্রম বলিয়া পরে ঘণ্টা বা দণ্ডজ্ঞাপক রেখা-নিরূপণ-ক্রম বলা যাইবে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ।

মধ্যরেখা-নির্ণয়।

(১) শঙ্কু দ্বারা মধ্য-রেখা।

সূর্য্য-ঘড়ী রচনার সময় স্বদেশের অক্ষাংশ, এবং স্থাপনার সময় যাম্যোত্তর-বৃত্ত জানা আবশ্যক। পূর্ব্বে বলা গিয়াছে যে, স্বদেশের ধরাতল এবং যাম্যোত্তরবৃত্ত-তল যে রেখায় পরস্পর ছেদন করে, তাহাকে মধ্যরেখা বলে। যাম্যোত্তরবৃত্ত দৃশ্য নহে। এজন্য তৎপরিবর্ত্তে সূর্য্য-ঘড়ী স্থাপনার সময় মধ্যরেখা আবশ্যক হইয়া থাকে। এখানে স্বদেশের মধ্যরেখা নিরূপণের কয়েকটি সুসাধ্য ক্রম বর্ণিত হইতেছে।

আমাদের পুরাতন জ্যোতিবিগণ এক সামান্য শঙ্কু দ্বারা জ্যোতিষের বহুবিধ বিষয় অবগত হইতেন। এতদ্দ্বারা মধ্যরেখা এবং স্ফুট মধ্যাহ্ন অবগত হইতে পারা যায়। বস্তুতঃ উহাকে আমরা পৃথিবীরূপ ঘড়ীর কাঁটা-স্বরূপ ব্যবহার করিতে পারি।

নির্ম্মাণে উহা একটা সরল কাঠি মাত্র। সমভূমিতে লম্বভাবে প্রোথিত হইলেই উহা স্থাপিত হইল। আমাদের জ্যোতিষে কাঠিটি প্রায়ই ১২ আঙ্গুল দীর্ঘ করিবার বিধি আছে। উহাকে ইচ্ছামত দীর্ঘ করিলে কোন ক্ষতি নাই। ১৮ আঙ্গুল (বা ১৪ ইঞ্চ) লম্বা এবং এক আঙ্গুল (বা আধ্ ইঞ্চ) মোটা একটা সরল কাঠি বা লোহার শিক পাইলেই চলে। উহার অগ্রভাগ সূক্ষ্ম হউক, কিংবা মূলাগ্র সমস্থূল হউক, উভয় কল্পেই প্রায় সমান ফল পাওয়া যায়। তবে, সূচ্যগ্র হইলে ছায়ার দৈর্ঘ্য-পরিমাণে কিছু সুবিধা হয়। উক্তবিধ শঙ্কুর ৬ আঙ্গুল (বা ৫ ইঞ্চ) ভূমির নীচে এবং ১২ আঙ্গুল (বা ৯ ইঞ্চ) ভূমির উপরে

থাকিবে। শঙ্কুর ছায়া দেখাই উদ্দেশ্য। উহাকে মৃত্তিকায় প্রোথিত করিলে স্থায়ী হইবে না। এ নিমিত্ত ইটের ১ হাত ব্যাসের একটা গোল স্তম্ভ পাইলে ভাল হয়। ভূমি হইতে স্তম্ভ ২॥০ হাত উচ্চ করিলে ছেলেরা শঙ্কু ধরিয়া কিংবা অজ্ঞ লোকেরা স্তম্ভের উপরে শঙ্কু-পার্শ্বে বসিয়া নাড়াচাড়া করিতে পারিবে না। তথাপি ইহা সত্য যে, অনভিজ্ঞ নূতন লোক শঙ্কুটি নাড়িয়া দেখিতে চায়। এ রোগের ঔষধ কি ?

স্তম্ভের মধ্যস্থলে শঙ্কুটি দৃঢ়রূপে প্রোথিত করিবে। স্তম্ভের উপর পৃষ্ঠ (পীঠ) ঠিক সমতল, এবং শঙ্কু তদুপরি ঠিক লম্বভাবে থাকা চাই। পীঠ সমতল কি না পীঠে জল ঢালিয়া জানিতে পারিবে, এবং শঙ্কু ঠিক লম্বভাবে স্থাপিত হইয়াছে কি না, তাহাও জল দ্বারা জানিতে পারিবে। পীঠের জলে শঙ্কুর প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। শঙ্কু ও তাহার প্রতিবিম্ব এক ঋজু রেখায় দেখাইলে শঙ্কু লম্বভাবে স্থাপিত হইয়াছে। কিংবা শঙ্কুমূল কেন্দ্র করিয়া হাতের প্রায় তিন পোয়া ব্যাসার্দ্ধে পীঠে একটি বৃত্ত অঙ্কিত কর। পরে একটা খড়িকা (ঝেঁটা কাঠি) দ্বারা দেখ, শঙ্কুর অগ্র হইতে বৃত্ত পর্য্যন্ত অন্তর সর্ব্ব দিকে সমান কি না। বলা বাহুল্য, চারি দিকেই খড়িকা সমান হইলে শঙ্কু লম্বভাবে আছে। এই দুই উপায়ই পূর্ব্বকালে এদেশে প্রযুক্ত হইত। জল ঢালিয়া না দেখিয়া আধুনিক "স্পিরিট লেবেল" নামক যন্ত্র ব্যবহার করা যাইতে পারে। পীঠ জলসম হইলে ছুতরের মাটাম দ্বারা শঙ্কুর লম্বভাব পরীক্ষিত হইতে পারে।

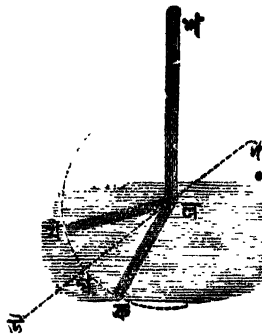
উক্ত শঙ্কুর নিকটে এক দিন বসিয়া থাকিতে পারিলে অনেক তত্ত্ব জানা যাইবে। দেখা যাইবে, সূর্য্যোদয়-সময়ে শঙ্কুর ছায়া অসীম দীর্ঘ হয়, এবং বেলা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ক্রমশঃ হ্রস্ব হইতে থাকে। মধ্যাহ্নের সময় ছায়া হ্রস্বতম হয়। পরাহ্নে ছায়া ক্রমশঃ দীর্ঘ হইয়া সূর্য্যাস্ত সময়ে অসীম হয়। পূর্ব্বাহ্নে ছায়া পশ্চিম দিকে, পরাহ্নে পূর্ব্ব দিকে

পড়ে, এবং মধ্যাহ্নে উত্তরে কিংবা দক্ষিণে কিংবা শঙ্কুমূলে পতিত হয়।

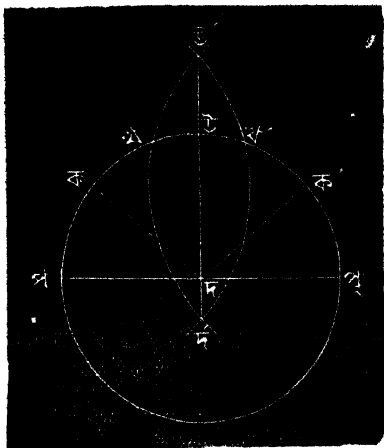
যদি পীঠে মধ্যরেখা অঙ্কিত করা যায়, তাহা হইলে সেই রেখায় ছায়া পড়িলেই জানা যাইবে যে, মধ্যাহ্ন হইয়াছে। মধ্যাহ্ন শব্দে সর্ব্বত্র স্ফুট মধ্যাহ্ন বুঝিতে হইবে; অর্থাৎ যখন সূর্য্য যাম্যোত্তর-বৃত্তে উপনীত হয়, তখন মধ্যাহ্ন বা দিবাভাগের মধ্য। সুতরাং শঙ্কুর ছায়া মধ্যরেখায় পড়িতে দেখিয়া কাল-সমীকরণ যোগ বা বিয়োগ পূর্ব্বক বিলাতী ঘড়ী মিলাইতে পারা যায়। যথা, ১লা জানুয়ারি মধ্যরেখায় ছায়া পড়িবার সময় কোন ঘড়ীতে ১২টা ৫ মিনিট হইয়াছিল। ঘড়ীর দোষ কত? সে দিন কাল-সমীকরণ + মিঃ ৩। অতএব তখন ঠিক সময় ১২টা ৩ মিঃ, এবং ঘড়ী ২ মিঃ অগ্রে ছিল।

অতএব এই সামান্য উপায়ে ঘড়ী মিলাইতে পারা যায়। ইহার দোষ এই যে, কেবল মধ্যাহ্নের সময়েই পারা যায়, অন্য সময়ে পারা যায় না। কারণ পীঠে একটি মাত্র রেখা পাওয়া যায়। রবি প্রত্যহ ক্ষিতিজের একই স্থান হইতে উদিত হইলে পীঠে অন্য ঘণ্টাজ্ঞাপক রেখা-গুলি অঙ্কিত করিতে পারা যাইত। কিন্তু সূর্য্যের উত্তরায়ণ দক্ষিণায়ণ আছে। রবি একটু একটু করিয়া উত্তরে কিংবা দক্ষিণে গমন করিতেছে। ৭ই বা ৮ই আষাঢ় উত্তরায়ণ ও ৭ই বা ৮ই পৌষ দক্ষিণায়ন শেষ হয়। সেই সময় দুই এক দিন সূর্য্যকে ক্ষিতিজের একই স্থান হইতে উদিত হইতে দেখা যায়। কেবল ৭ই বা ৮ই চৈত্র ও আশ্বিন সূর্য্য ক্ষিতিজের ঠিক পূর্ব্ববিন্দু হইতে উঠে। অর্থাৎ এই এই দিনে রবির ক্রান্ত্যংশ ০, অন্যান্য দিনে উহা ০ হইতে ২৩।২৭ অংশাদি পর্য্যন্ত হইতে পারে। উত্তর ও দক্ষিণ অয়ন শেষ সময়ে ক্রান্ত্যংশ অত্যল্প পরিবর্ত্তিত হয়। এমন কি, এক মাসে রবির ক্রান্তিতে এক অংশের অধিক প্রভেদ হয় না। ৭ই বা ৮ই চৈত্র ও আশ্বিনের অগ্রপশ্চাৎ কয়েক

দিন ক্রান্তি দ্রুত পরিবর্ত্তিত হয়। শঙ্কু দ্বারা মধ্যাহ্ন ব্যতীত অন্য সময় জানিতে হইলে উহার ছায়ার দৈর্ঘ্য লইয়া গণনা করিতে হয়। সেরূপ গণনা বর্ণনা করা এ পুস্তকের উদ্দেশ্য নহে।

এখন শঙ্কু দ্বারা মধ্যরেখা-নিরূপণ-ক্রম বলা যাইতেছে (১১ চিত্র)। এনিমিত্ত পীঠে শঙ্কুমূল কেন্দ্র এবং আধ হাত ব্যাসার্দ্ধ করিয়া একটি বৃত্ত কখ রচনা করিবে। পূর্ব্বাহ্ণে কোন সময়ে ছায়ার অগ্র ঐ বৃত্তপরিধির কোন স্থান একবার স্পর্শ করিবে। যেখানে স্পর্শ করিবে, সেখানে পরিধি চিহ্নিত কর। এই চিহ্নকে প্রবেশ-চিহ্ন ক বলে। পরাহ্ণে কোন সময়ে ছায়াগ্র পরিধিকে আর একবার স্পর্শ করিবে। স্পর্শস্থান চিহ্নিত কর। এই চিহ্নকে নির্গম-চিহ্ন খ বলে। প্রবেশ ও নির্গম চিহ্নদ্বয়ের মধ্যবর্ত্তী চাপকে সমান দুই ভাগে ভাগ কর। পরিধি যে স্থানে গ বিভক্ত হইবে, তথা হইতে শঙ্কুমূল পর্য্যন্ত একটি ঋজু রেখা টান। ঐ রেখা উদ মধ্যরেখা। উহা ঠিক উত্তর দক্ষিণে বিস্তৃত হইবে। মধ্য-রেখার সমকোণে অর্থাৎ তির্য্যক্‌ভাবে শঙ্কুমূল দিয়া এক ঋজু রেখা করিলে তাহা পূর্ব্বাপর রেখা হইবে। উহা ঠিক পূর্ব্ব পশ্চিমে বিস্তৃত হইবে।

১১শ চিত্র।

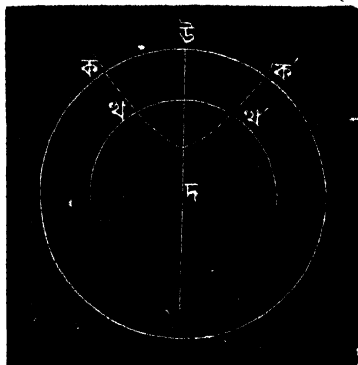
কোন চাপকে দুই সমভাগে বিভক্ত করিবার নিমিত্ত আমাদের প্রাচীন জ্যোতিষিগণ মৎস্য রচনা করিতেন। মনে কর, ১২শ চিত্রে দ শঙ্কুমূলকে বেষ্টন করিয়া পূ উ প এক বৃত্ত অঙ্কিত হইয়াছে। মনে কর, উহার ক স্থানে প্রবেশ চিহ্ন, এবং ক′ স্থানে নির্গম-চিহ্ন পাওয়া গিয়াছে।

এখন ক উ কʼ চাপকে দুই সমান খণ্ডে বিভক্ত করিতে হইবে। ক এবং কʼ কে যথাক্রমে কেন্দ্র, এবং ক কʼ এর অন্তরের অর্দ্ধ অপেক্ষা কিছু দীর্ঘ ব্যাসার্দ্ধ করিয়া উʼ খ দʼ এবং উʼ খʼ দʼ দুই চাপ অঙ্কিত কর। এই দুই চাপের উদর ভাগ দেখিতে মৎস্যের ন্যায় বলিয়া উহাকে মৎস্য বলে। ঐ মৎস্যের মুখ ও পুচ্ছ দʼ উʼ রেখা দ্বারা যোগ করিলে তাহা মধ্যরেখা হইবে। উহার তির্য্যক্ রেখা পূ দ প, পূর্ব্বাপর রেখা।

১২শ চিত্র।

(১) শঙ্কুমূলের চারিদিকে বৃত্ত করিবার সময় দেখিবে যে, ব্যাসার্দ্ধ সূত্র কোন দিকে হ্রস্ব কোন দিকে দীর্ঘ না হয়। অথচ কর্কট-যন্ত্র ব্যবহারের সুযোগ নাই। কেন না কেন্দ্রে শঙ্কু আছে। এক খণ্ড 'টিন' তালপাতার আকারে কাটিয়া লইয়া এক প্রান্তে একটি গোল ছিদ্র করিবে। সেই ছিদ্রে শঙ্কু পরাইয়া উক্ত 'টিন' পত্রকে সূত্র-স্বরূপ ব্যবহার করিতে পারিবে। কেন্দ্র হইতে অভীষ্ট অন্তরে ঐ 'টিনে' অন্য দুই একটি সরু ছিদ্র করিতে হইবে। ঐ ছিদ্র পথে পেন্‌সিল প্রবেশিত করিয়া বৃত্ত অঙ্কিত করিবে।

(২) একটি মাত্র বৃত্তে প্রবেশ ও নির্গম চিহ্ন করিতে কিংবা তাহাকে দ্বিখণ্ডিত করিতে ভুল হইতে পারে। দুই তিন টি বৃত্ত করিয়া প্রত্যেকে প্রবেশ ও নির্গম চিহ্ন এবং প্রত্যেকে মৎস্য রচনা করিবে। যদি সকল মৎস্যের মুখ ও পুচ্ছ একই রেখায় থাকে, তবে

ভুল হয় নাই। যদি না থাকে, তবে রেখাগুলির মধ্যবর্ত্তী রেখা লইবে।

(৩) আর এক সুন্দর উপায় এই। পূর্ব্বাহ্নে ৮টা ৯টা হইতে পরাহ্নে ৩টা ৪টা পর্য্যন্ত প্রতি অর্দ্ধ ঘণ্টায় বা প্রতি ঘণ্টায় পীঠে শঙ্কুর ছায়াগ্র চিহ্নিত কর। রেখা দ্বারা ঐ সকল চিহ্ন যোগ কর। বিষুব-দিন-দ্বয় ব্যতীত অন্য দিনে এ দেশে উক্ত ছায়া ভ্রমণ রেখার আকার ১৩শ চিত্রের ক খ খ´ ক´ বক্ররেখার (hyperbola) ন্যায় হইবে। শঙ্কুমূল দ কেন্দ্র করিয়া দুই তিনটি বৃত্ত কর, যেন তদ্দ্বারা উক্ত ছায়া-ভ্রমণ-রেখা ছিন্ন হয়। এখন ক ক´, খ খ´ চাপ-দ্বয় মৎস্য-রচনা দ্বারা বিভক্ত করিলে মধ্যরেখা পাওয়া যাইবে। এখানে যত ইচ্ছা তত বৃত্ত করিলে মধ্যরেখা সূক্ষ্মরূপে নিরূপিত হইতে পারিবে।

১৩। চিত্র।

(৪) রবির উত্তর ও দক্ষিণায়ন শেষ হইবার অগ্র পশ্চাৎ দুই তিন দিবস সূর্য্যের উত্তর দক্ষিণ গতি অত্যন্ত অল্প হয় (২৬পৃঃ)। এজন্য ঐ ঐ সময়ে শঙ্কু দ্বারা মধ্যরেখা নিরূপণ করিলে সূক্ষ্ম ফল পাইবে।

(৫) শঙ্কুর অগ্র স্থূল হইলে ছায়াগ্র স্থূল হয়। এস্থলে ছায়াগ্রের মধ্য লইবে। শঙ্কুর অগ্র সূচ্যগ্রবৎ সূক্ষ্ম করিলে মধ্য লইতে হয় না, কিন্তু ছায়াগ্র স্পষ্ট দেখিতে পাওয়া যায় না। এই অসুবিধা দূর করিতে হইলে কাঠির বা শিকের শঙ্কু না করিয়া অবলম্ব-সূত্র (রাজমিস্ত্রীর ওলম্ দড়ি) ব্যবহার প্রশস্ত। এঁটেল মাটির বাঁটুল (বর্ত্তুল) গড়িয়া সূত্রে

দ্বারা ঝুলাইলে অবলম্ব-সূত্র হইবে। তিন খান বাঁশ ত্রিভুজ আকারে দৃঢ়রূপে বাঁধিয়া পীঠের উপরে অবলম্ব-সূত্র ঝুলাইতে পারিবে। অবলম্বের মধ্যস্থল পীঠের যেখানে স্পর্শ করিবে, সেখানে শঙ্কুমূল। শঙ্কুর অগ্র পাইবার নিমিত্ত সূত্রে একটা তৃণ বিদ্ধ করিবে। ঐ তৃণচিহ্ন অবলম্ব-সূত্ররূপ শঙ্কুর অগ্র হইবে। এইরূপ শঙ্কুদ্বারা অন্য দ্বিবিধ সন্দেহ নিরাকৃত হইতে পারিবে। (১) পীঠে শঙ্কু লম্বভাবে থাকিল কি না, এ সন্দেহ এস্থলে হইতে পারে না। (২) শঙ্কুমূলকে কেন্দ্র করিবার সময় কেন্দ্র ঠিক পাওয়া গেল কি না, সে সন্দেহও নিবারিত হয়।

(৬) পূর্ব্বাহ্নে ও পরাহ্নে শঙ্কুচ্ছায়া-সাহায্যে ঘড়ী মিলাইতে পারা যায়। পীঠে পূর্ব্বাহ্নে ছায়াগ্র চিহ্নিত কর, এবং ঘড়ীতে সময় দেখ। সেই চিহ্ন দিয়া শঙ্কুমূলকে বেষ্টন করিয়া এক বৃত্ত কর। পরাহ্নে যখন ছায়াগ্র সেই বৃত্ত স্পর্শ করিবে, তখন ঘড়ীতে সময় দেখ। ঐ দুই সময়ের মধ্য সময়ে স্ফুট মধ্যাহ্ন। এই মধ্য সময়ে কাল-সমীকরণ ধন ঋণ করিলে ঘড়ীর দোষ জানা যাইবে। যথা, ১ জানুয়ারি ১০টা ৫ মিনিটে এবং ২টা ১১ মিনিটে ছায়া সমদীর্ঘ হইল। ঘড়ীর দোষ কত? ঘড়ীতে ১২টা হইতে পূর্ব্বাহ্নে ১ ঘঃ ৫৫মিঃ ছিল, পরাহ্নে ২ঘঃ ১২ মিঃ হইয়াছিল। যোগফল ৪ ঘঃ ৬ মিঃ, মধ্য ২ঘঃ ৩মিঃ। অতএব যখন ঘড়ীতে ২টা ১১ মিঃ, তখন স্ফুটকাল ২ঘঃ ৩মিঃ। সে দিন কাল-সমীকরণ +৩মিঃ। অতএব তখন মধ্যম কাল ২ঘঃ ৬মিঃ। ঘড়ীতে ২ঘঃ ১১ মিঃ। অতএব ঘড়ীতে ৫মিঃ অধিক সময় দেখাইতেছিল। ছায়াগ্র দেখিতে দোষ না ঘটিলে এই উপায়ে প্রায় শুদ্ধ কাল পাওয়া যাইবে। সূর্য্যঘড়ী দ্বারা এতদপেক্ষা সূক্ষ্মকাল অবগত হওয়া দুষ্কর।

স্বদেশের অক্ষাংশ নিরূপণ বর্ণনা করা এ পুস্তকের উদ্দেশ্য নহে। তথাপি সামান্য শঙ্কুদ্বারা উহা নিরূপিত হইতে পারে বলিয়া এ বিষয়ে

দুই এক কথা বলা যাইতেছে। বিষুবদ্দিনে—যে দিনে দিবারাত্রি সমান হয়—(২১ মার্চ্চ ও ২২ সেপ্টেম্বর)—সে দিনে শঙ্কুচ্ছায়া যখন মধ্য-রেখায় পড়ে, তখন সেই মধ্যাহ্নচ্ছায়া সূক্ষ্মরূপে মাপিবে। শঙ্কুর দৈর্ঘ্যও সূক্ষ্মরূপে মাপিবে। মধ্যাহ্নচ্ছায়াকে এক শত দ্বারা গুণ করিয়া শঙ্কুর দৈর্ঘ্য দ্বারা পূরণ করিবে। লব্ধ, তথাকার অক্ষাংশ স্পর্শিনী (tangent)। এখন পরিশিষ্ট-প্রদত্ত জ্যাদি-সারণী হইতে উক্ত স্পর্শিনীর অংশ কলা পাওয়া যাইবে। যথা, কোন স্থানে ১২ অঙ্গুলী শঙ্কুর বিষুবচ্ছায়া ৫ অঙ্গুলী; অক্ষাংশ কত? (৫ X ১০০) ÷ ১২ = ৪১·৬৭। জ্যাদি-সারণীতে দেখা যায়, উহা ২২।৩৭ অংশের স্পর্শিনী। অতএব সেই স্থানের অক্ষাংশ ২২।৩৭।

(২) বিলাতী ঘড়ী দ্বারা মধ্যরেখা।

যদি কোন 'ওয়াচ' স্বদেশের যথার্থ সময় দেখায়, তাহা হইলে তাহার ১২টার সময়ে কাল-সমীকরণ ঋণ ধন করিলে তথাকার স্ফুট-মধ্যাহ্ন পাওয়া যাইবে। এইরূপে ঘড়ীটি সংশোধিত করিয়া শঙ্কু বা অবলম্ব-সূত্রের নিকট বসিয়া থাকিবে। যখন সেই ঘড়ীতে ১২টা বাজিবে, তখন শঙ্কুর ছায়া যে রেখায় পড়িবে, সে রেখা তথাকার মধ্য-রেখা।

মনে কর, ১৯ জুলাই তারিখে ঢাকায় মধ্যরেখা স্থির করিতে হইবে। মনে কর, একটি 'ওয়াচ' কলিকাতার সময়ের সহিত মিলাইয়া ঢাকায় আনা গিয়াছে। সে তারিখে কাল-সমীকরণ +৬ মিনিট। অতএব সে দিন সূর্য্য ১১টা ৫৪ মিঃ সময়ে যাম্যোত্তরে আসিবে। কলিকাতায় কলিকাতার ঘড়ীতে ঐ সময়ে আসিবে, ঢাকায় ঢাকার ঘড়ীতেও ঐ সময়ে আসিবে। কিন্তু কলিকাতার ঘড়ী ঢাকায় আনিলে ঢাকায় সে ঘড়ীর ১১টা ৫৪ মিনিটে আসিবে না। কারণ ঢাকা ও কলিকাতার যাম্যোত্তর এক নহে। কলিকাতা হইতে ঢাকার দেশান্তর +৮ মিঃ ১৮ সেঃ। অর্থাৎ কলিকাতার ঘড়ীতে ১২টা বাজিবার ৮ মিঃ ১৮ সেঃ

পূর্ব্বে ঢাকার ঘড়ীতে ১২টা বাজে। অতএব সে দিন কলিকাতার ঘড়ীর ১১টা ৪৬ মিনিটের সময় সূর্য্য ঢাকার মধ্যরেখায় আসিবে। সুতরাং তৎকালে শঙ্কুর ছায়া চিহ্নিত করিলেই ঢাকার মধ্যরেখা জানা যাইবে। এইরূপ, মেদিনীপুরে মধ্যরেখা পাইতে গেলে কলিকাতার ঘড়ীতে ১১টা ৫৪ মিঃ +৪ মিঃ = ১১টা ৫৮ মিনিটের সময় শঙ্কুচ্ছায়া চিহ্নিত করিতে হইবে। কারণ মেদিনীপুরের দেশান্তর — ৪ মিঃ।

কলিকাতার ঘড়ী লইতে বলিবার কারণ এই যে, সেখানে সূর্য্য প্রত্যহ বেধ করিয়া মধ্যাহ্ন নিরূপিত হয়। মধ্যাহ্নে কাল-সমীকরণ যোগ বা বিয়োগ করিয়া কলিকাতাবাসীকে তোপ দ্বারা সময় অবগত করা হয়। এজন্য তোপের সময়ে কাল-সমীকরণ বিয়োগ বা যোগ করিলে সূর্য্যের সময় পাওয়া যায়। বস্তুতঃ সেরূপ শোধিত 'ওয়াচ' সূর্য্যের সঙ্গে সঙ্গে চলে। তাহাই আমাদের প্রয়োজন। অতএব বলা বাহুল্য, যে কোন স্থানে সূর্য্য বা তারা বেধ করিয়া সূর্য্যের সময় পাইলে তদ্দ্বারা মধ্যরেখা অক্লেশে পাওয়া যাইতে পারে।

এই ক্রমে অপর দুই উদ্দেশ্য সাধন করা যাইতে পারে। পূর্ব্বে উক্ত হইয়াছে যে, সূর্য্য-ঘড়ীর দুইটি অঙ্গ, (১) পীঠ, (২) ধ্রুবযষ্টি। পীঠে ধ্রুবযষ্টি বা পট্ট যথাস্থানে দৃঢ়রূপে বদ্ধ এবং তদুপরি ঘণ্টা-রেখা অঙ্কিত করিলে সূর্য্য-ঘড়ী নির্ম্মিত হয়। অন্যান্য ঘণ্টা-রেখার সহিত মধ্যাহ্ন বা ১২টা রেখাও পীঠে অঙ্কিত থাকে। মধ্যাহ্ন-রেখা স্বস্থানের মধ্যরেখায় স্থাপিত করিবার নিমিত্ত মধ্যরেখা নিরূপণ আবশ্যক হয়। নিরূপিত মধ্যরেখায় সূর্য্য-ঘড়ীর মধ্যাহ্নরেখা স্থাপিত হইলেই মধ্যাহ্ন সময়ে ধ্রুবপট্টের ছায়া সেই রেখায় পতিত হয়। কিন্তু প্রথমে মধ্যরেখা নিরূপণ না করিয়াও নির্ম্মিত ঘড়ী যথাস্থানে স্থাপন করিতে পারা যায়। এ নিমিত্ত সূর্য্যের সময় নির্দ্দেশক উপরিলিখিত শোধিত বিলাতী ঘড়ী আবশ্যক। মধ্যাহ্নের কিছু পূর্ব্বে ঐরূপ শোধিত বিলাতী ঘড়ী সম্মুখে

রাখিয়া সূর্য্য-ঘড়ীর পীঠ অল্প অল্প ঘুরাইতে থাকিবে। দেখিবে যেন, ধ্রুবপট্টের ছায়া পীঠে অঙ্কিত মধ্যরেখায় সর্ব্বদা পড়িতে থাকে। শোধিত ঘড়ীতে যেমনই ১২টা বাজিবে, তেমনই ঘুরান বন্ধ করিয়া পীঠকে অভীষ্ট ভূমিতে বদ্ধ করিবে। এইরূপে ধ্রুবযষ্টি মধ্যরেখায়, সুতরাং সূর্য্যঘড়ী যথাস্থানে স্থাপিত হইবে। এক দিনে না হইলে দুই তিন দিন চেষ্টা করিলে সূর্য্যঘড়ী সূক্ষ্মরূপে স্থাপিত হইতে পারিবে। ঘুরাইবার সময় পীঠের তল কোন্ দিকে ধরিবে, তাহা সূর্য্যঘড়ীর নির্ম্মাণ অনুসারে স্থির করিতে হইবে। যথা, ধরাপীঠ ঘড়ীর পীঠ ঠিক জলসম, সমপীঠ ঘড়ীর পীঠ অবলম্ব-সূত্রে থাকে।

নির্ম্মিত সূর্য্যঘড়ীর কেবল স্থাপনা নহে, সূর্য্যসমশোধিত 'ওয়াচ'-সাহায্যে যে কোন ভূমিতে অবনত, অপগত, কিংবা ক্ষিতিজতল-, সমবৃত্ত-তল-গত সূর্য্যঘড়ীর ঘণ্টারেখা নিরূপিত হইতে পারে। যাবতীয় সূর্য্যঘড়ীর ধ্রুবযষ্টি ধ্রুবাভিমুখে থাকে। অভীষ্ট ভূমিতে ধ্রুবযষ্টি ধ্রুবাভিমুখে প্রোথিত করিবার পর উক্তবিধ বিলাতী ঘড়ী দেখিয়া ঘণ্টায় ঘণ্টায় ধ্রুবযষ্টির ছায়া ভূমিতে অঙ্কিত করিলেই ঘড়ী রচিত হইবে। এখানে কোন গণনা আবশ্যক হয় না। 'ওয়াচের' ১২টার সময় ভূমিতে ১২টা রেখা, ১টার সময় ১টা রেখা ইত্যাদি অঙ্কিত করিলেই হইবে। এক দিনে না হয়, দুই তিন দিনে হইতে পারে। এইরূপে যথোচিত সূক্ষ্মরূপে ঘড়ী রচিত হইতে পারিবে। সূক্ষ্মকাল পাইতে হইলে একটি কথা মনে রাখিতে হইবে। **সূর্য্য-ঘড়ী পূর্ব্বাহ্নে এক মিনিট পূর্ব্বে, পরাহ্নে এক মিনিট পরে যায়।** ইহার কারণ এই যে, সূর্য্যের একটি বিম্ব আছে; সেই বিম্বের মধ্যস্থল যখন ধ্রুবপট্ট দ্বারা বিদ্ধ হয় তখনই যথার্থ সময় গণনা করিতে হয়। কিন্তু বিম্ব বৃহৎ বলিয়া তাহার ঊর্দ্ধদেশ ধ্রুবপট্ট দ্বারা বিদ্ধ হইলেই ছায়া পড়ে। ঊর্দ্ধদেশ হইতে বিম্ব-মধ্যস্থলে আসিতে প্রায় এক মিনিট সময় লাগে। এজন্য পূর্ব্বাহ্নে বিম্ব-মধ্যস্থল পট্ট দ্বারা

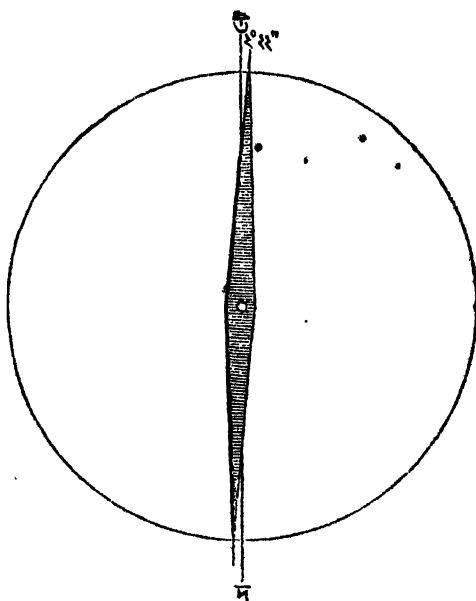
বিদ্ধ হইবার পূর্ব্বেই ছায়া পড়ে। অতএব শোধিত 'ওয়াচে' ৭, ৮, ৯, ইত্যাদি ঘণ্টা বাজিবার ১ মিনিট পরে সূর্য্য-ঘড়ীর পীঠে উক্ত ঘণ্টারেখা আঁকিবে। পরাহ্ণে সূর্য্যবিম্বের নিম্নদেশ পট্টদ্বারা বিদ্ধ হইলেই ছায়া পড়ে। কিন্তু তাহার ১ মিনিট পরে বিম্বমধ্যস্থল বিদ্ধ হয়। অতএব 'ওয়াচে' ১, ২, ৩ ইত্যাদি ঘণ্টা বাজিবার ১ মিনিট পূর্ব্বে উক্ত ঘণ্টারেখা আঁকিবে। এই এক মিনিট সংস্কার করিলে 'ওয়াচ'-সাহায্যে অঙ্কিত ঘণ্টা-রেখা এবং গণনা সাহায্যে অঙ্কিত ঘণ্টা-রেখা একই হইবে।

যে কোন সূর্য্যঘড়ী হইতে যথার্থ সময় জানিবার সময় উক্ত ১ মিনিট যোগ বা বিয়োগ করিতে ভুলিবে না। পূর্ব্বাহ্ণে যখন সূর্য্যঘড়ীতে (মনে কর) ১০টা দেখিবে, মনে করিবে ১০টা হইতে তখনও ১ মিনিট আছে। পরাহ্ণে যখন ২টা দেখিবে, মনে করিবে তখন ২টা ১ মিনিট হইয়াছে।

বিদেশে কখনকখন দিগ্‌ভ্রম ঘটিয়া থাকে। দিবাভাগে আকাশে সূর্য্য দেখিয়া সকলেই মোটামুটি দিঙ্‌নিরূপণ করিয়া থাকেন। সঙ্গে 'ওয়াচ' থাকিলে দিক্ আরও সূক্ষ্মরূপে নিরূপণ করিতে পারা যায়। শীতকালে সূর্য্য আকাশের তত অধিক উচ্চে থাকে না। তৎকালে এই উপায়ে আরও সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়। ঘড়ী (প্রায়) জলসম করিয়া ধর। ঘড়ীটি ঘুরাও, যেন ঘণ্টা-কাঁটার ছায়া ঘণ্টা-চিহ্নের উপরে পড়ে। এরূপ করিয়া ১২টা-চিহ্ন ও ঘণ্টা-চিহ্নের মধ্যবর্ত্তী কোণকে দুই সমভাগে বিভক্ত করিলে তথাকার উত্তর দক্ষিণ দিক্ জানা যাইবে। চৈত্র ও আশ্বিনের প্রথমার্দ্ধে সূর্য্য ক্ষিতিজের পূর্ব্ব ও পশ্চিম বিন্দুর নিকটে উদিত ও অস্তগত হয়। সেই সময় ঘড়ী দ্বারা উদয়াস্ত দেখিলে সকল অক্ষাংশেই মধ্যরেখা আরও সূক্ষ্মরূপে নিরূপিত হইতে পারে।

(৩) চুম্বক-শলাকা দ্বারা মধ্যরেখা।

সকলেই জানেন, চুম্বক-শলাকা (শলাকাকার চুম্বক) সূত্র দ্বারা লম্বিত হইলে কিংবা কোন আশ্রয়ের উপর অবলীলাক্রমে ঘুরিতে পাইলে, উহা (স্থূলতঃ) উত্তর দক্ষিণে অবস্থিতি করে। কিন্তু যথার্থ মধ্যরেখায় থাকে না। ভারতবর্ষে বোম্বাইর নিকট চুম্বক-শলাকার

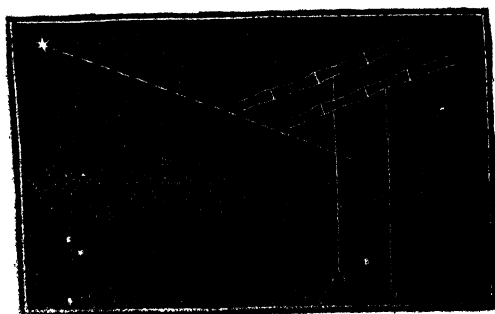
উত্তরমুখ প্রায় মধ্যরেখায় থাকে। কিন্তু বঙ্গে ও ওড়িশায় ১ অংশ, বিহারে ১৷০ অংশ, উত্তর পশ্চিম প্রদেশে ২ অংশ, এবং পঞ্জাবে প্রায় ৩ অংশ পূর্ব্বদিকে থাকে। এই প্রভেদকে চুম্বকের বলন (variation or declination) বলে। অতএব চুম্বকের উত্তর মুখ হইতে স্বদেশের চুম্বক-বলনাংশ যত, তত অংশ পশ্চিমে সে স্থানের মধ্যরেখা অবস্থিত।

১৪শ চিত্র।

মধ্যরেখা নিরূপণের যত উপায় আছে, তন্মধ্যে ইহাই সর্ব্বাপেক্ষা অল্পায়াসসাধ্য। অসুবিধা এই, কালক্রমে বলনাংশের পরিবর্ত্তন হইয়া থাকে।

১৪শ চিত্রে চুম্বকের বলন দেখা গেল। যে স্থানের মধ্যরেখা আবশ্যক, সেস্থানে চুম্বক-শলাকার উপরে একটা ঋজু-ধার (যেমন কাঠের পাটা) রাখিয়া রেখা টানিবে। পরে সেই রেখাকে ব্যাস করিয়া একটি বৃত্ত করিবে। রেখা হইতে পশ্চিম দিকে বৃত্তের পরিধিতে স্বদেশের বলনাংশ বাদ দিয়া আর এক রেখা টানিবে। শেষোক্ত রেখা তথাকার মধ্যরেখা। (কলিকাতায় চুম্বক-শলাকা ক্রয় করিতে পাওয়া যায়। ছোট ছোট শলাকা 'ঔয়াচের' 'লকেট'-স্বরূপ অল্পমূল্যে বিক্রীত হয়।)

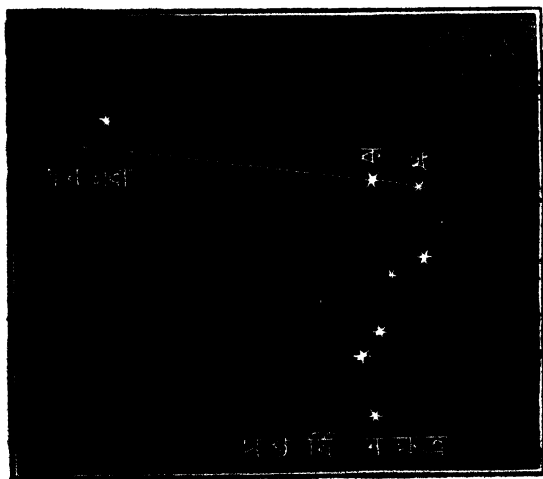
(৪) ধ্রুবতারা দ্বারা মধ্যরেখা।

ধ্রুবতারা আকাশের ধ্রুব হইতে প্রায় ১।১২ অংশ দূরে থাকিয়া এক নাক্ষত্র দিবসে ধ্রুবকে একবার প্রদক্ষিণ করিতেছে। সুতরাং নিম্নলিখিত উপায়ে উহাকে বেধ করিলে প্রায় মধ্যরেখা জানা যায়। উহা অহোরাত্র মধ্যে যাম্যোত্তরকে দুইবার অতিক্রম করে। যে সময়ে উহা যাম্যোত্তরগত হয়, সেই সময়ে উহাকে লক্ষ্য করিলে মধ্যরেখা সূক্ষ্মরূপে পাওয়া যায়।

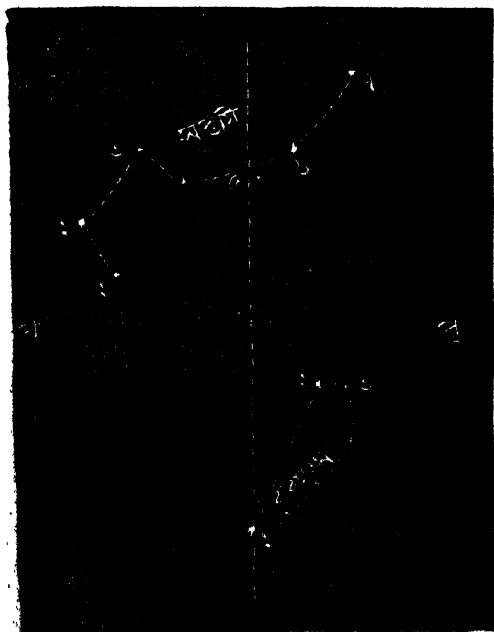
স্বদেশে আনুমানিক উত্তর দক্ষিণে দুইটি অবলম্ব-সূত্র পরস্পর ২ কি ৩ হাত অন্তরে ঝুলাইবে। উত্তর দিকের অবলম্ব-সূত্রটি একখানি

১৫শ চিত্র

বাঁশে বাঁধিয়া ঝুলাইয়া দিবে। কিন্তু যাহাতে দক্ষিণের সূত্রটি পূর্ব্বপশ্চিমে সরাইতে পারা যায়, এমন ব্যবস্থা করিবে। অন্ধকার রাত্রিতে ঐ দুই সূত্র দিয়া ধ্রুবতারা দেখিবে (১৫ চিত্র)। বলা বাহুল্য, ধ্রুবতারা ও সূত্রদ্বয় এক তলে না থাকিলে সূত্রদ্বয় দ্বারা ধ্রুবতারা বিদ্ধ হইবে না। যে পর্য্যন্ত বিদ্ধ না হয় সে পর্য্যন্ত দক্ষিণের সূত্রটি পূর্ব্বে বা পশ্চিমে সরাইতে থাকিবে। বিদ্ধ হইলে অবলম্বদ্বয় দৃঢ়রূপে বাঁধিয়া রাখিবে। অবলম্বদ্বয় যে যে স্থানে ভূমি স্পর্শ করিবে, পর দিবস, সেই দুই স্থান চিহ্ন করিয়া রেখা টানিলে মধ্যরেখা পাইবে। রাত্রিতে বাতাস বহিলে এই উপায় ব্যর্থ হইবে।

উপরে অঙ্গীকার করা গিয়াছে যে, (১) ধ্রুবতারা সকলেরই পরিচিত, (২) কোন্ সময়ে ঐ তারা যাম্যোত্তরে আসে তাহাও জ্ঞাত আছে, এবং (৩) অন্ধকারে দুইটি সূত্রই একদা দৃষ্ট হইবে।

১৩শ চিত্র।

ধ্রুবতারা চিনিবার অনেক উপায় আছে। সকলেই উত্তর দিক্ স্থূলতঃ নির্দ্দেশ করিতে পারেন। সেই দিকে ৩ হাত ও ২ হাত দীর্ঘ দুই যষ্টি পরস্পর ২॥০ হাত অন্তরে রাখিয়া সোজা করিয়া মাটিতে পুতিবে। ছোট যষ্টির পশ্চাতে চক্ষু রাখিয়া দুই যষ্টির ঠিক উপর দিয়া উত্তর আকাশে দৃষ্টি নিক্ষেপ করিলে আকাশের তত উচ্চে ধ্রুবতারা দেখিতে পাইবে। তারাটি উজ্জ্বল, এবং তাহার চারি পাশে কিয়দ্দূর পর্য্যন্ত তত উজ্জ্বল অপর কোন তারা নাই। মনে আছে, স্বদেশের অক্ষাংশ-তুল্য উচ্চে ধ্রুব অবস্থিত (১৯ পৃঃ)।

আকাশের সপ্তর্ষি নামক সাতটি তারা অনেকে চিনেন। ঐ সাতটি

১৭শ চিত্র।

উজ্জ্বল তারা খড়্গের ন্যায় আকার ধারণ করিয়া প্রত্যহ ধ্রুবকে প্রদক্ষিণ করে (১৬ চিত্র)। ঐ সাতটির মধ্যে ক ও খ চিহ্নিত তারাদ্বয় এক রেখা দ্বারা মনে মনে যোগ করিয়া রেখাটি বর্দ্ধিত কর। ক খ তারাদ্বয়ের মধ্যে যত অন্তর, তাহার ৫ গুণ বর্দ্ধিত করিলে উক্ত কল্পিত রেখাটি ধ্রুবতারায় উপস্থিত হইবে। বলা বাহুল্য, অন্যান্য তারার ন্যায় সপ্তর্ষি নামক তারাগণ ধ্রুবকে প্রত্যহ প্রদক্ষিণ করে। এজন্য তাহাদিগকে আকাশের একই স্থানে নিয়ত দেখা যায় না। চৈত্র মাসে সায়ংকালে তাহাদিগকে ঈশান কোণে উদিত হইতে দেখা যায় (১৬ চিত্র দেখ)।

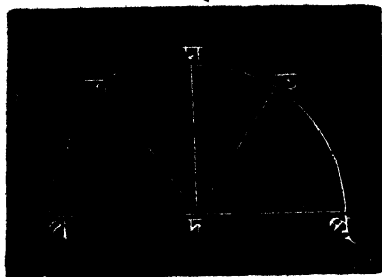
রাত্রি আরম্ভে বৎসরের সকল সময় সপ্তর্ষি দেখিতে পাওয়া যায় না। কিন্তু ধ্রুবতারার নিকটস্থ ধ্রুব-মৎস্য বা শিশুমার নামক নক্ষত্র দেখা যাইতে পারে। কয়েকটি তারা মৎস্যাকারে সন্নিবিষ্ট। ধ্রুবের নিকটস্থ বলিয়া ঐ কয়েকটি তারা আমাদের দেশের ক্ষিতিজের উপরে থাকিয়াই ধ্রুবকে প্রদক্ষিণ করে। এজন্য বৎসরের সকল সময়েই ধ্রুব-মৎস্য দৃশ্য হয়। ধ্রুব-মৎস্যের চারিটি তারা অপেক্ষাকৃত উজ্জ্বল। তন্মধ্যে ধ্রুবতারা একটি। উহা মৎস্যের পুচ্ছে অবস্থিত। ১৭শ চিত্রে সপ্তর্ষি ও ধ্রুব-মৎস্য একত্র প্রদর্শিত হইল। বলা বাহুল্য, ধ্রুব-মৎসও ধ্রুবকে প্রদক্ষিণ করিতেছে; সুতরাং প্রত্যহ সায়ংকালে উহাকে একই স্থানে দেখা যায় না। বোধ করি, ধ্রুবতারা চিনিবার নিমিত্ত উল্লিখিত তিনটি উপায় যথেষ্ট হইবে।

(২) ধ্রুবতারা কখন যাম্যোত্তরে আসে, তাহা জানিবার এক সহজ উপায় বলা যাইতেছে। সপ্তর্ষির সাতটি তারা আকাশের ধ্রুবকে প্রদক্ষিণ করিতেছে। তন্মধ্যে একটি তারা ধ্রুবতারার সহিত প্রায় একই সময়ে যাম্যোত্তরে আসে। ১৭শ চিত্রে সপ্তর্ষির সাতটি তারা চিহ্নিত করা গিয়াছে। উহার ১, ২, ৩, ৪, ৫, ৬, ৭ সংখ্যক তারার নাম

যথাক্রমে ক্রতু, পুলহ, পুলস্ত্য, অত্রি, অঙ্গিরা, বশিষ্ঠ, ও মরীচি। সাত ঋষির নামে এই সাতটি তারার নাম হইয়াছে; এজন্য সপ্তর্ষি বলা যায়। অঙ্গিরা-তারা ও ধ্রুবতারা (ধ্রুব-মৎস্যের ১ চিহ্নিত তারা) প্রায় অর্দ্ধঘণ্টা অন্তরে যাম্যোত্তর-গত হয়। সুতরাং পূর্ব্বোক্ত দুইটি অবলম্ব-সূত্র দ্বারা ঐ দুই তারাকে একত্র বিদ্ধ করিলে মধ্যরেখা পাওয়া যাইবে।

এই উপায়ের দুইটি দোষ আছে। (১) জ্যৈষ্ঠ মাসে সায়ংকালে সপ্তর্ষি আমাদের আবশ্যক স্থানে আসে। ঐ মাসে বাতাস প্রায়ই প্রবল থাকে। অন্য মাসে দেখিতে গেলে রাত্রি জাগরণ করিতে হয়, কিংবা রাত্রিকালে আদৌ দেখিতে পাওয়া যায় না। ফলতঃ এই উপায় বৎসরের ছয় মাস অপ্রযোজ্য। (২) বস্তুতঃ অঙ্গিরা যাম্যোত্তর-গত হইবার প্রায় ৩৩ মিনিট পরে ধ্রুবতারা যাম্যোত্তর-গত হয়। কিন্তু ধ্রুবতারা এত মৃদুবেগে ভ্রমণ করে যে, এদেশে ঐ দুই তারাকে একদা যাম্যোত্তর-গত মনে করা যাইতে পারে। তদ্‌ভিন্ন, অবলম্ব-সূত্র কিছু না কিছু স্থূল হয়। স্থূল সূত্রদ্বারা উক্ত প্রভেদ লক্ষ্য হয় না।

ধ্রুবতারা কোন্ দিন কখন্ যাম্যোত্তরে আসিবে, তাহা গণনা করিতে পারা যায়। গণিতে প্রবেশ না করিয়াও তাহার যাম্যোত্তর-স্থিতি নিরূপণ করিতে পারা যায়। ১৭শ চিত্রে ধ্রুবতারার অল্প উপরে যে ০ চিহ্ন আছে, তাহা আকাশের ধ্রুব। এক্ষণে (শক ১৮২৮) ধ্রুবতারা ও ধ্রুবের অন্তর ১।১২ অংশাদি মাত্র। 'এক্ষণে' বলিবার কারণ এই যে, ঐ অন্তর চিরকাল এক থাকে না। কালক্রমে উহার হ্রাস বৃদ্ধি হয়। এক্ষণে অল্পে অল্পে হ্রাস পাইতেছে। যাহা হউক, আকাশের ধ্রুব হইতে ১।১২ অংশাদি দূরে থাকিয়া ধ্রুবতারা এক অতি ক্ষুদ্র অহোরাত্র-বৃত্তে ভ্রমণ করিতেছে। অতএব ধ্রুবতারা কখন ধ্রুবের পূর্ব্বে, কখন পশ্চিমে, কখন নিম্নে, কখন উপরে থাকে। ১৭শ চিত্রে ধ্রুবতারা নিম্নে

আছে। ধ্রুবতারা পূর্ব্বে কিংবা পশ্চিমে থাকিবার সময়, তাহা ধ্রুব হইতে পরম দূরবর্ত্তী হয়। ১৮শ চিত্রে ম আকাশের অদৃশ্য ধ্রুব, ত ত´ পূর্ব্ব ও পশ্চিম দিক্‌বর্ত্তী ধ্রুবতারা। ত ত´ এর মধ্যবর্ত্তী অন্তরকে দুই সমভাগে ভাগ করিলে আকাশের ধ্রুবস্থান নির্দ্দিষ্ট হইবে।

১৮শ চিত্র।

কিন্তু এদেশের পক্ষে এই উপায় প্রশস্ত নহে। ইহার দুইটি কারণ আছে। চৈত্র ও আশ্বিনের শেষ দিকে রাত্রি প্রায় ১২টার সময় ধ্রুবতারা যাম্যোত্তর-গত হয়। যখনই হউক পূর্ব্ব হইতে পশ্চিমে কিংবা পশ্চিম হইতে পূর্ব্বে যাইতে প্রায় ১২ ঘণ্টা সময় লাগে। কেবল শীতকালে সূর্য্যাস্তের পর হইতে সূর্য্যোদয়ের পূর্ব্ব পর্য্যন্ত ১২ ঘণ্টা সময় পাওয়া যায়। কিন্তু সে সময়ে রাত্রি ১২টার সময় ধ্রুবতারা যাম্যোত্তর-গত হয় না।

কিন্তু ইহা হইতে মধ্যরেখা-নিরূপণের এক সূক্ষ্ম উপায় বুঝা যায়। শঙ্কুর দুই সমদীর্ঘ ছায়া পাইলে মধ্যরেখা নিরূপিত হইতে পারে। এতদ্‌বিষয় পূর্ব্বে বর্ণিত হইয়াছে। সে স্থলে শঙ্কুর ছায়া দ্বারা ক্ষিতিজ হইতে সূর্য্যের উন্নতি অবগত হওয়াই উদ্দেশ্য। কিন্তু সূর্য্যের ক্রান্ত্যংশ সর্ব্বদা পরিবর্ত্তিত হইতেছে। সুতরাং তাহার অহোরাত্র-বৃত্ত অবিকল বৃত্ত নহে। কারণ প্রাতে ৮টার সময় সূর্য্যের যে ক্রান্ত্যংশ থাকে, পরাহ্ণে ৪টার সময় তাহা ন্যূনাধিক হয়। এ নিমিত্ত অয়ন-শেষ-সময়ে শঙ্কুচ্ছায়া দ্বারা মধ্যরেখা-নির্ণয়ের কথা বলা গিয়াছে (২৯ পৃঃ)। কিন্তু কোন তারার অহোরাত্র-বৃত্তে প্রভেদ ঘটে না। অতএব তারা দ্বারা মধ্যরেখা-নিরূপণ শ্রেষ্ঠ উপায়। সূত্র-সাহায্যে তারা বেধ করিয়া সূক্ষ্ম ফল আশা করা

যাইতে পারে না। যাঁহারা সূক্ষ্মরূপে স্বদেশের মধ্যরেখা জানিতে ইচ্ছুক তাঁহাদিগকে অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম যন্ত্র প্রয়োগ করিতে হইবে। আমীনেরা 'থিয়োডোলাইট' নামক যন্ত্র প্রয়োগ করিয়া থাকেন। তদ্দ্বারা তাঁহারা আকাশের যে কোন তারার উন্নতি দেখিয়া মধ্যরেখা পাইতে পারেন। কিন্তু সূর্য্য-ঘড়ী-স্থাপন নিমিত্ত পূর্ব্বোক্ত উপায়গুলির কোন একটি সাবধানে অবলম্বিত হইলে যথেষ্ট হইবে।

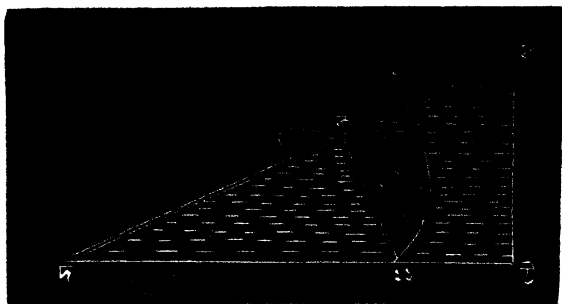
(৩) এখনও আর একটি কথা বাকি আছে। অন্ধকার রাত্রিতে দুইটি সূত্র একদা দেখা যাইতে পারে না। দেখিবার নিমিত্ত সূত্রদ্বয়ের পার্শ্বে কিছু দূরে এক প্রজ্বলিত দীপ রাখিবে। কিংবা উত্তরস্থ ও বদ্ধ অবলম্ব-সূত্রের পরিবর্ত্তে একটা প্রজ্বালিত দীপ (বাতি) ছোট সরল ও লম্বভাবে প্রোথিত শলার মাথায় বসাইবে। দক্ষিণস্থ অবলম্ব-সূত্র দ্বারা উক্ত দীপ ও ধ্রুবতারা বিদ্ধ হইল কি না, তাহা অনায়াসে জানিতে পারা যাইবে।

শেষে একটি আশার কথা বলিয়া এই পরিচ্ছেদ সমাপ্ত করা যাইতেছে। কোন শিক্ষার্থী প্রথমবারেই প্রয়োগনৈপুণ্য লাভ করিতে পারেন না। দুই চারিবার চেষ্টার পর অবলম্বিত উপায়ের দোষ গুণ সুবিধা অসুবিধা অজ্ঞাত থাকিবে না। ফললাভের চেষ্টাতেই আনন্দ, এবং কোন কর্ম্ম করিতে যিনি কখনও ভুল করেন নাই, তিনি তাহা উত্তমরূপে শিখিতেও পারেন নাই।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ।

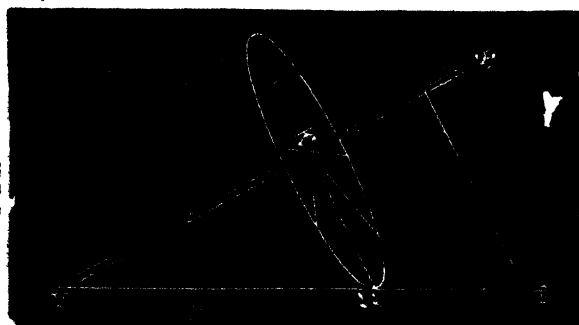
সূর্য্য-ঘড়ী নির্ম্মাণ ও স্থাপন।

১§ বিষুবপীঠ বা নাড়ীবলয়।

খ্রীঃ দ্বাদশ শতাব্দীতে আমাদের প্রসিদ্ধ জ্যোতির্বিৎ ভাস্করাচার্য্য নাড়ীবলয় নামক এক সূর্য্য-ঘড়ী নির্ম্মাণের উপদেশ দিয়াছিলেন।

১৯শ চিত্র।

আমরা উহাকে বিষুবপীঠ নামে আখ্যাত করিয়াছি। বিষুবরৃত্তের এক নাম নাড়ীবলয়। কারণ তদ্দ্বারা নাড়ী বা দণ্ড পরিমিত হয় (১৯পৃঃ)। কিঞ্চিদূন দুইশত বৎসর পূর্ব্বে জয়পুরের মহারাজ জয়সিংহ সম্রাট যন্ত্র নামে এক নাড়ীবলয় নির্ম্মাণ করাইয়াছিলেন। সম্রাট যন্ত্রের ধ্রুবপট্ট ও পীঠ প্রস্তর ও ইষ্টকে নির্ম্মিত। উহার ধ্রুবপট্ট ৯০ ফুট বা প্রায়

৬০ হাত উচ্চ, এবং ১৪৭ ফুট বা প্রায় ৯৮ হাত দীর্ঘ। উহার দীর্ঘছায়া দ্বারা ১৫ সেকেণ্ড পর্য্যন্ত অবগত হইতে পারা যায়, এবং অদ্যাপি জয়পুরে উক্ত সম্রাট যন্ত্র সময় নির্দ্দেশ করিয়া থাকে। ইহার আকার ১৯শ চিত্রের সদৃশ।

বিষুবপীঠ যন্ত্রের পীঠ বিষুব-বৃত্তের সমান্তরে থাকে। ধ্রুবযষ্টি বা ধ্রুবপট্ট অবশ্য মধ্যরেখায় এবং ধ্রুবাভিমুখে থাকে। ৮ম চিত্র হইতে পীঠ ও যষ্টি পৃথক্ করিয়া লইলে ২০ শ চিত্রের ন্যায় দেখাইবে। এই চিত্রে যধ্রু

২০ শ চিত্র।

এই যন্ত্রের ধ্রুবযষ্টি, এবং চক্রটি ক্ষিতিজ য উ প্রতি অবনত। কত অংশ অবনত? চক্র-পীঠের সমকোণে যধ্রু স্থাপিত। সুতরাং ক কোণ ৯০ অংশ, য কোণ অক্ষাংশ তুল্য; এজন্য য ১২ ক কোণ=৯০—অক্ষাংশ, এবং ক ১২ উ কোণ=৯০+অক্ষাংশ। এক অহোরাত্রে বিষুব-বৃত্ত একবার ঘুরিতেছে। সুতরাং উহার ১৫ অংশ এক ঘণ্টায়, এবং ৬ অংশ এক দণ্ডে যাম্যোত্তর অতিক্রম করিতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে, পীঠে ১৫ অংশ দূরে দূরে ঘণ্টা-রেখা করিতে হইবে।

নির্ম্মাণ। একখানি থাল বা তৎসদৃশ ধাতু বা প্রস্তরময় চক্র লও।

উহার দুই ব্যাস পরস্পর তির্য্যক অর্থাৎ সমকোণে অঙ্কিত করিয়া চক্রকে চারিপাদে বিভক্ত কর। নিম্নের দুই পাদের প্রত্যেকটি ছয় সমভাগে বিভক্ত করিয়া চক্রে ঐ সকল ব্যাসার্দ্ধ অঙ্কিত কর। ব্যাসার্দ্ধগুলি ৬, ৭, ৮ ইত্যাদি লিখিয়া চিহ্নিত কর। মনে কর, চক্রটির ব্যাস এক হাত। এরূপ হইলে ধ্রুবযষ্টি দেড় হাত কি দুই হাত দীর্ঘ করিলেই চলিবে। চক্রটি পিত্তলের হইলে ধ্রুবযষ্টি পিত্তলের করা চলে। কিংবা আধ আঙ্গুল মোটা লোহার শিক দ্বারাও যষ্টি নির্ম্মিত হইতে পারিবে। চক্রের কেন্দ্রে এবং সমকোণে যষ্টি নিবদ্ধ কর। সমকোণে হইয়াছে কি না, তাহা সূত্রধরের মাটাম দ্বারা নিরূপিত হইতে পারিবে। এই ঘড়ী নির্ম্মাণের সময় স্বদেশের অক্ষাংশ জানা আবশ্যক হয় না। বস্তুতঃ এরূপ ঘড়ী সকল দেশের পক্ষেই উপযোগী হয়।

স্থাপন। যেখানে এই ঘড়ী স্থাপন করিবে, সেখানে মধ্যরেখা নিরূপণ কর। পরে ধ্রুবযষ্টি মধ্যরেখার ঠিক উপরে রাখিয়া উহার উত্তর প্রান্ত সে স্থানের অক্ষাংশ তুল্য উচ্চে (স্থূলতঃ ধ্রুবতারাভিমুখে) কোন স্তম্ভে দৃঢ়রূপে বদ্ধ কর। দেখা আবশ্যক যেন, ১২ চিহ্ন ঠিক অধোভাগে থাকে। যষ্টি হইতে অবলম্ব-সূত্র ঝুলাইলে ইহা জানা যাইবে। ধ্রুবযষ্টির নিম্ন প্রান্ত অপর এক স্তম্ভে দৃঢ়রূপে বদ্ধ কর। এইরূপ করিলে চক্রটি বিষুব-বৃত্তাভিমুখে থাকিবে।

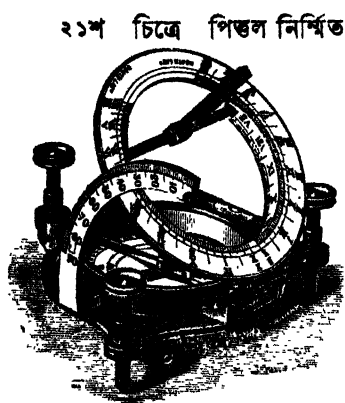
রবির পরমক্রান্ত্যংশ (২৩।২৭) অপেক্ষা স্বদেশের অক্ষাংশ অধিক হইলে চক্রের দক্ষিণ পৃষ্ঠে ঘণ্টা-রেখা অঙ্কিত করিলেই চলিবে। কারণ সেদেশে বৎসরের সকল দিন ঐ পৃষ্ঠেই ছায়া পড়িবে। কিন্তু অক্ষাংশ ২৩।২৭ অংশাদি অপেক্ষা উন হইলে চক্রের দুই পৃষ্ঠই অঙ্কিত করা আবশ্যক। কলিকাতার অক্ষাংশ ২২।৩৩। সুতরাং সেখানে গ্রীষ্মকালে বিষুবপীঠ ঘড়ীর দক্ষিণ পৃষ্ঠে যষ্টির ছায়া পতিত হইবে না। সেইরূপ, সেখানে শীতকালে উত্তর পৃষ্ঠে ছায়া পতিত হইবে না।

অর্দ্ধঘণ্টা কি পাদঘণ্টা জানিতে হইলে চক্রের নিম্নার্দ্ধ দ্বাদশ ভাগের পরিবর্ত্তে চব্বিশ কি আটচল্লিশ সমান ভাগে বিভক্ত করিতে হইবে। দণ্ড জানিতে হইলে উহাকে ত্রিশ ভাগ করা আবশ্যক। মনে আছে, যাবতীয় সূর্য্যঘড়ী দ্বারা স্ফুট সাবনকাল জানা যায়। তাহার সহিত কাল-সমীকরণ ধন ঋণ করিলে মধ্যম সাবনকাল বা বিলাতী ঘড়ীর কাল আসিবে।

এই যন্ত্রের গুণ এই যে, ঘণ্টারেখা নিরূপণ করা সহজ। দোষ এই যে, চক্রটি ঊর্দ্ধদিকে থাকে বলিয়া তাহা সহজে বাঁকিয়া বা ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। তবে, যে দেশে চক্রের কেবল একপৃষ্ঠে ছায়া পড়ে, সে দেশে চক্রখানিকে এক স্তম্ভে সংলগ্ন করা যাইতে পারে। কিংবা পৃথক্ চক্র না লইয়া স্তম্ভের পৃষ্ঠকেই পীঠ করা যাইতে পারে। সেই পীঠে ধ্রুবযষ্টি-স্বরূপ এক লৌহকীলক প্রোথিত করিতে হইবে।

কীলক বাঁকিয়া বা ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। তৎপরিবর্ত্তে পট্ট ব্যবহার করা যাইতে পারে। ১৯শ চিত্রে দধউ এইরূপ পট্ট। এই পট্ট ধাতুময় হওয়া আবশ্যক। উহার দধ ধার ধ্রুবাভিমুখে, এবং দউ ধার মধ্যরেখায় থাকিবে। পট্ট-ব্যবহারে আর এক বিশেষ সুবিধা আছে। উহার দ কোণ স্বদেশের অক্ষাংশের সমান করিলে, যখন দউ ধার মধ্যরেখায় থাকিবে, তখন দধ ধার ধ্রুবাভিমুখ হইয়া পড়িবে। কিন্তু যেস্থানে মধ্যরেখা অঙ্কিত করিবে, সে স্থান জলসম হওয়া আবশ্যক। জলসম (level) না হইলে দধ ধ্রুবাভিমুখে থাকিবে না। দ কোণ অক্ষাংশ পরিমিত করিবার উপায় ধরাপীঠ ঘড়ীর বর্ণনায় দ্রষ্টব্য। দেখা যাইতেছে, চক্রের ঊর্দ্ধাংশ আবশ্যক নাই। অতএব তাহা কাটিয়া লইলে ভাঙ্গিবার সম্ভাবনা কম হয়।

এই ঘড়ীর আর এক গুণ এই যে, স্বদেশের অক্ষাংশ কিংবা মধ্যরেখা না জানিয়াও ঠিক স্থাপন করা যাইতে পারে। অয়নান্ত দিনে

(৭।৮ পৌষ ও আষাঢ়) ধ্রুবযষ্টির ছায়াগ্র পীঠে বৃত্তাকারে ভ্রমণ করে। সুতরাং ধ্রুবযষ্টিকে আনুমানিক অক্ষাংশ তুল্য উচ্চে এবং চক্রের নিম্নধার আনুমানিক মধ্যরেখায় রাখ, এবং ৬টার রেখা ঠিক জলসম কর। এইরূপে রাখিয়া দেখ, ধ্রুবযষ্টির ছায়াগ্র কোন্ দিকে কতখানি বাঁকিতেছে। ইহা দেখিয়া চক্রটি এমন ভাবে পূর্ব্বে বা পশ্চিমে ঘুরাইবে যে, ছায়াগ্র পীঠে বৃত্তাকারে ভ্রমণ করে। এই রূপে দুই তিন দিনে যন্ত্রটি ঠিক স্থাপন করিতে পারিবে।

২১শ চিত্রে পিত্তল নির্ম্মিত বিলাতী নাড়ী-বলয় প্রদর্শিত হইল। যন্ত্রকে জলসম স্থাপন নিমিত্ত তিনটি ইস্ক্রুপ আছে। মধ্যরেখা জানিবার নিমিত্ত চুম্বক-শলাকা, এবং অক্ষাংশ জানিবার নিমিত্ত অংশাঙ্কিত চক্র-পাদ পার্শ্বে আছে। অতএব এরূপ যন্ত্র যেখানে সেখানে যখন তখন স্থাপন ও ব্যবহার করা যাইতে পারে।

২১শ চিত্র।

সূর্য্য-ঘড়ী হইতে কালজ্ঞান-সময় একটি কথা সবিশেষ স্মরণ রাখিবে। কথাটি এই,—যাবতীয় সূর্য্য-ঘড়ীকে ব্যবহারোপযোগী করিতে গেলেই তাহার ধ্রুবযষ্টি বা ধ্রুবপট্ট স্থূল করিতে হয়। উহার পালির দুই ধারের প্রত্যেকটি ধ্রুবরেখার কাজ করে। সুতরাং প্রত্যেক ঘড়ীকেই যুগ্মঘড়ী মনে করা উচিত। দ্বিতীয়তঃ, সূর্য্যের একটা বড় বিম্ব আছে। সমগ্র বিম্ব ক্ষিতিজের উপরে উঠিতে কিংবা যাম্যোত্তর ভেদ করিতে প্রায় দুই মিনিট সময় লাগে। কিন্তু যে সময়ে বিম্বের মধ্যস্থল ক্ষিতিজ বা যাম্যো-ত্তর গত হয়, সেই সময়ই গ্রাহ্য। এই হেতু সূর্য্য-ঘড়ীতে পূর্ব্বাহ্ণে

এক মিনিট অগ্রে এবং পরাহ্নে এক মিনিট পরে ছায়া পড়ে (৩৩পৃঃ)।

বিষুবপীঠ-যন্ত্রের পীঠ ধ্রুবযষ্টিতে দৃঢ়রূপে বদ্ধ না করিয়া শিথিলভাবে ঘুরাইতে পারিলে লগ্ন নিরূপিত হইতে পারে। ভাস্করাচার্য্য এইরূপ প্রয়োগ প্রদর্শন করিয়াছেন। ৫

লগ্ন কি, এবং তাহার প্রয়োজন কি, তাহা সংক্ষেপে বলা যাইতেছে। যে পথে—ক্রান্তি-বৃত্তে—রবি বৎসর ব্যাপিয়া ভ্রমণ করে, তাহাকে বার সমান ভাগে বিভক্ত করিলে এক এক ভাগের নাম রাশি হয়। প্রথম রাশি, দ্বিতীয় রাশি, তৃতীয় রাশি ইত্যাদি না বলিয়া মেষ বৃষ মিথুনাদি নাম করা যায়। ক্রান্তিবৃত্তের এই সকল ভাগের অর্থাৎ রাশির মধ্যে যে ভাগ বা রাশি ক্ষিতিজে উদিত হইতে থাকে, সেই রাশিকে (ক্ষিতিজে) লগ্ন বলে। অত-এব লগ্ন অর্থে দ্বাদশ রাশির মধ্যে কোন এক রাশির উদয় বুঝায়। সমস্ত রাশি উদিত হইতে যে সময় (দণ্ড পল কিংবা ঘণ্টা মিনিট) লাগে, সেই সময় সেই রাশির লগ্নমান। যদি ক্রান্তিবৃত্ত বিষুববৃত্ত হইত, অর্থাৎ যদি সূর্য্য বিষুববৃত্তে ভ্রমণ করিত, তাহা হইলে প্রত্যেক রাশি ৫ দণ্ড বা ২ ঘণ্টায় উদয় শেষ করিত। কিন্তু ক্রান্তিবৃত্ত বিষুববৃত্তে অবনত এবং বিষুববৃত্ত আমাদের দেশের ক্ষিতিজে অবনত। এই দুই কারণে স্বদেশের অক্ষাংশ-ভেদে রাশির লগ্নমান বিভিন্ন হইয়া থাকে। গণনা করিলে জানা যায় যে, কলিকাতার অক্ষাংশে বর্ত্তমান কালে

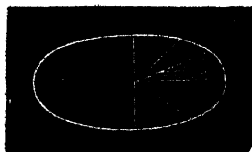
মেষমান দণ্ডাদি		৪।১০	তুলামান দণ্ডাদি		৫।১৫
বৃষ	...	৪।৫৪	বৃশ্চিক	...	৫।৪১
মিথুন	...	৫।৩২	ধনুঃ	...	৫।১
কর্কট	...	৫।৪০	মকর	...	৪।৩১
সিংহ	...	৫।৩০	কুম্ভ	...	৩।৫৬
কন্যা	...	৫।২৬	মীন	...	৩।৪৮
					৬০।০

চক্রপরিধি এই সকল দণ্ড পল অনুসারে ভাগ করিয়া মেষবৃষাদি নাম চিহ্নিত করিবে। ভাগ করিবার সময় বামাবর্ত্তে করিবে, এবং মেষবৃষাদি নাম বামাবর্ত্তে লিখিবে। কারণ মেষের পর বৃষ, বৃষের পর মিথুন—এই ক্রমে রাশি সকল উদিত হয়। পরে যে দিন লগ্ন নিরূপণ করিবে, পঞ্জিকা হইতে সেই দিনের ঔদয়িক লগ্ন (সূর্য্যোদয়কালের লগ্ন) দেখিবে। সূর্য্যোদয়কালে চক্রকে এতখানি ঘুরাইয়া রাখিবে যেন, তৎকালে কীলকের ছায়া সেই

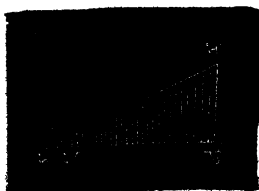
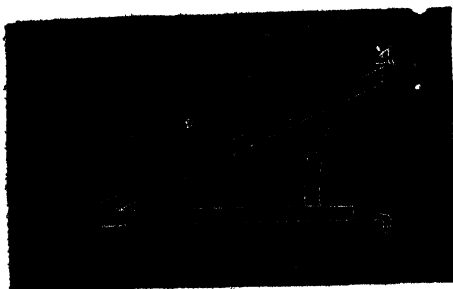
লগ্নের তত দণ্ড পলে পতিত হয়। বেলা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে অপরাপর রাশির যেমন উদয় হইবে, ছায়াতেও তেমনই জানা যাইবে। এই রূপে নাড়ীবলয় রাশিবলয়ে পরিণত হয়।

ইহা হইতে বুঝা যাইবে যে, কোন দিনের ঔদয়িক লগ্ন জানা থাকিলে সেই দিনের অন্য সময়ের লগ্ন বলিলে বিশেষ সময় বুঝায়। অর্থাৎ লগ্ন দ্বারা কালজ্ঞান হয়।

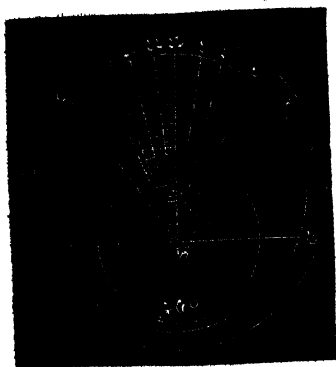
২§ ধরাপীঠ।

২১ পৃষ্ঠে বলা গিয়াছে যে, ধ্রুবযষ্টির ছায়াপাতাধার স্বদেশের ধরাতল

২২শ চিত্র। ২৩শ চিত্র।

হইলে ধরাপীঠ যন্ত্র হয়। ৯ম চিত্রের আবশ্যক অংশ পৃথক্ করিলে তাহার আকার ২২শ চিত্রের ন্যায় হইবে। পীঠে শলাকার ধ্রুবযষ্টি বদ্ধ করিতে অসুবিধা হয়, এবং তাহা অল্পেই স্থানচ্যুত বা বক্রীভূত হয়। এ নিমিত্ত যাবতীয় সূর্য্য-ঘড়ীর ধ্রুবযষ্টি শলাকার না করিয়া পট্টাকার করা হইয়া থাকে। ধ্রুবযষ্টি পট্টাকার করিলে ২২শ চিত্র ২৩শ চিত্রের ন্যায় হইবে।

নির্ম্মাণ। পিত্তলাদি ধাতুময় কিংবা শ্লেট প্রস্তরাদিময় পীঠ ও ধ্রুবপট্ট করা যাইতে পারে। প্রথমে ইষ্ট স্থানের অক্ষাংশ সমান করিয়া এক ত্রিকোণাকার পট্ট নির্ম্মাণ কর। মনে কর ইষ্ট স্থানের অক্ষাংশ ২৫। সে স্থানের নিমিত্ত পট্টের আকার ২৪শ কিংবা ২৫শ

২৪শ চিত্র।

২৫শ চিত্র।

চিত্রের ন্যায় হইবে। উহার দ কোণ অক্ষাংশ সমান। এই কোণ সহজে পরিমাণ করিবা" অভিপ্রায়ে পরিশিষ্টে এক সারণী প্রদত্ত হইবে।

এখন পীঠ ও ঘণ্টারেখা। পীঠ চক্রাকার কিংবা আয়তাকার হইতে পারে। মনে কর উহা চক্রাকার।

২৬শ চিত্র।

প্রথমে উহার কেন্দ্র দিয়া দুই তির্য্যক্ ব্যাস অঙ্কিত কর (২৬শ চিত্রে ছোট বৃত্ত)। ঐ দুই ব্যাসের মধ্যে ৬ ৬ রেখা পূর্ব্বাপর রেখা, এবং দ ১২ রেখা মধ্যাহ্ন-রেখা। ধ্রুবপট্টের ভূমি বা নিম্ন ধার এই মধ্যাহ্ন-রেখা অপেক্ষা কিঞ্চিৎ ক্ষুদ্র হওয়া আবশ্যক। ঐ মধ্যাহ্নরেখার দুই পার্শ্বে ঘণ্টা-রেখা করিতে হইবে। ৬ ঘণ্টা ও ১২ ঘণ্টা-রেখা দুই ব্যাস দ্বারা পাওয়া গিয়াছে। ইহাদের নিমিত্ত কোন গণনা আবশ্যক হয় না। কিন্তু মধ্যরেখা হইতে পূর্ব্বাহ্ণের ও পরাহ্ণের ঘণ্টা-রেখা কত দূরে দূরে হইবে, তাহা নিরূপণ করিবার দুই প্রকার নিয়ম আছে। একটির নাম গণিত ক্রম, অপরটির নাম ক্ষেত্রিক ক্রম।

১। গণিতক্রম।

সহজেই বুঝা যাইবে, পূর্ব্বাহ্ণ ১১টা ও পরাহ্ণ ১টা, পূঃ ১০টা ও পঃ ২টা, পূঃ ৯টা ও পঃ ৩টা রেখা ইত্যাদি মধ্যাহ্নরেখার সমান সমান দূরে হইবে। অর্থাৎ ১টা রেখা মধ্যাহ্নরেখা হইতে যত অংশ কলা দূরে, ১১টা রেখাও ঠিক তত অংশ কলা দূরে হইবে। এইরূপ অন্যান্য ঘণ্টা-রেখা হইবে। পূঃ ৬টার পূর্ব্বের এবং পঃ ৬টার পরের ঘণ্টা বঙ্গদেশে পাওয়া যাইবে না। অক্ষাংশ ৩১ হইলে যে দিবস পরম দিবামান, সে দিন পঃ ৭টার সময় সূর্য্যাস্ত, এবং পূঃ ৫টার সময় সূর্য্যোদয় হইবে। বঙ্গদেশের কোন স্থানের অক্ষাংশ ৩১ নহে, তদপেক্ষা অল্প। সুতরাং সূর্য্যঘড়ীতে ৬টা রেখা পর্য্যন্ত থাকিলেই চলিবে। এই অংশ কলা ত্রিকোণমিতি সাহায্যে গণনা করিতে পারা যায়। এখানে গণনার উপপত্তি না দিয়া কেবল সূত্রটি দেওয়া গেল।

$$\text{ঘ স্প} = \frac{\text{অ জ্যা} \times \text{ন স্প}}{\text{ত্রি}}$$

এখানে ঘ = মধ্যাহ্নরেখা হইতে ঘণ্টান্তরাংশ

অ = অক্ষাংশ

ন = নত ঘণ্টাংশ ; যথা ১৫ অংশ, ৩০ অংশ, ৪৫ অংশ, ৬০ অংশ, ৭৫ অংশ, ৯০ অংশ

স্প = স্পর্শিনী

ত্রি = ত্রিজ্যা

জ্যা (sine), স্প (tangent), ত্রিজ্যা (radius) শব্দের অর্থ জ্যাদি-সারণী-বিবৃতিতে বলা যাইবে। জ্যাদি-সারণী হইতে জ্যা, স্প প্রভৃতি পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ। হুগলির অক্ষাংশ ২২।৫৫। ঐ স্থানের নিমিত্ত ধরাপীঠ যন্ত্রে মধ্যাহ্নরেখা হইতে ঘণ্টান্তরাংশ কত হইবে ?

পূর্ব্বাহ্ণ ১১টা বা পরাহ্ণ ১টা, অর্থাৎ ১৫ অংশে

$$\text{ঘ স্প} = \frac{২২।৫৫ \text{ জ্যা} \times ১৫ \text{ স্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{৩৮\cdot ৯৪ \times ২৬\cdot ৭৯}{১০০}$$

$$= ১৩\cdot ৪৩$$

$$= ৫।৫৭ \text{ স্প}$$

অতএব মধ্যাহ্ণ-রেখা হইতে ৫।৫৭ অংশ দূরে ১১টা ও ১টার রেখা করিতে হইবে। এইরূপে,

পূর্ব্বাহ্ণ ১০টা বা পরাহ্ণ ২টা

$$\text{ঘ স্প} = \frac{২২।৫৫ \text{ জ্যা} \times ৩০ \text{ স্প}}{\text{ত্রি}}$$

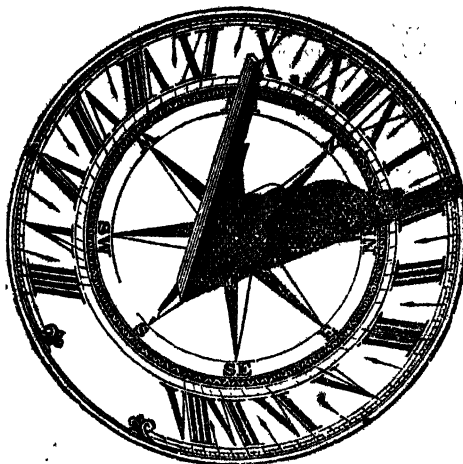
$$= ১২।৪০ \text{ স্প}$$

৯টা বা ৩টা

$$\text{ঘ স্প} = \frac{২২।৫৫ \text{ জ্যা} \times ৪৫ \text{ স্প}}{\text{ত্রি}}$$

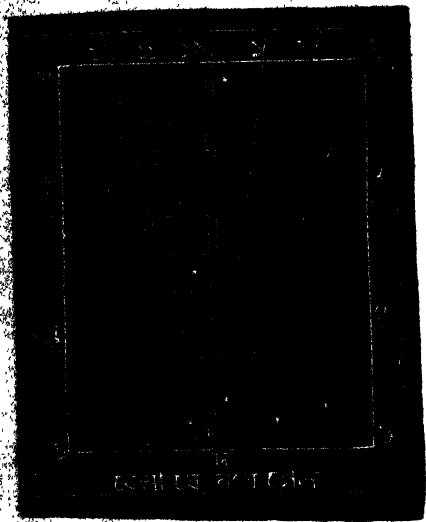
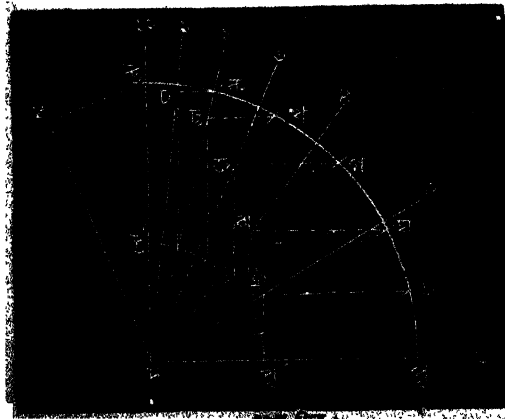
$$= ২১।১৭ \text{ স্প}$$

ইত্যাদি

অর্থাৎ মধ্যাহ্ণ-রেখা হইতে উভয় পার্শ্বে ১২।৪০ অংশাদি দূরে রেখা টানিলে তাহারা ১০টা ও ২টা রেখা, ২১।১৭ অংশাদি দূরে টানিলে ৯টা ও ৩টা রেখা পাওয়া যাইবে। পরিশিষ্টে এই সকল ঘণ্টান্তরের সারণী প্রদত্ত হইবে। তাহা হইতে অভীষ্টস্থানের ঘণ্টান্তরাংশ অনায়াসে গণিত হইতে পারিবে। এইরূপে অঙ্কিত পীঠ প্রায় ২৬শ চিত্রের ন্যায় হইবে। ঘড়ীটি দেখিতে সুন্দর এবং তাহাতে ইংরাজী ১ ২ ৩ ইত্যাদি অঙ্কিত করিলে তাহা ২৭শ চিত্রের ন্যায় দেখাইবে। এই সকল

২৭শ চিত্র।

ঘণ্টান্তরাংশ পরিমাণ করিবার উপায় জ্যামিতি সারণী-বিবৃতিতে বলা যাইবে।

পীঠে ঘণ্টা-রেখা টানিবার সময় আমরা মনে করিয়াছি যেন, ধ্রুব-পট্টের বেধ নাই, অর্থাৎ উহা রেখার ন্যায় সূক্ষ্ম। কিন্তু উহা স্থূল না হইলে ভাঙ্গিয়া ও বাঁকিয়া যাইবে। অতএব উহার স্থূলতাবশতঃ ঘণ্টা-রেখা নিশ্চয়ই দূরে দূরে পড়িবে। বস্তুতঃ পট্টের উপরের পালির যে দুই ধার থাকে, তাহাদের প্রত্যেক ধার ধ্রুবরেখার তুল্য। সুতরাং এ স্থলে একটি ঘড়ী না হইয়া ফলে এক জোড়া ঘড়ী হয়। এ নিমিত্ত নিম্নলিখিত মতে রেখা টানিবে। ধ্রুবপট্ট প্রথমে প্রস্তুত করিবে, কিংবা তাহার স্থূলতা প্রথমেই স্থির করিবে। এখন পীঠে তাহাকে যথাবিধি স্থাপন করিয়া কিংবা তাহার স্থূলতা মাপিয়া লইয়া পট্টের দুই পাশে দুইটি মধ্যাহ্নরেখা টানিবে। ২৮শ চিত্রে দ ১২, দুইটি মধ্যাহ্ন-রেখা অঙ্কিত হইয়াছে।

মধ্যাহ্নরেখার পাশের ১টা ১১টা, ২টা ১০টা, ৩টা ৯টা রেখাগুলি কাছে কাছে, কিন্তু ৪টা ৮টা, ৫টা ৭টা রেখা দূরে দূরে পড়ে। দক্ষিণোত্তর মুখী সূর্য্যঘড়ীতে এরূপ অসুবিধা হয় না। কাছে কাছে রেখা হইলে ঘণ্টান্তর জানিতে কিংবা ঘণ্টার্দ্ধ ঘণ্টাপাদ-রেখা টানিতে অসুবিধা হয়। এ নিমিত্ত পীঠের মধ্যস্থলে কীলক বদ্ধ না করিয়া

২৮শ চিত্র।

পীঠের দক্ষিণ প্রান্তের নিকটে বদ্ধ করা হইয়া থাকে। ব্যাস বা দৈর্ঘ্যকে ৩ ভাগ করিয়া দক্ষিণ প্রান্ত হইতে ১ ভাগ ছাড়িয়া কীলকের মূল করিলে সুবিধা হয়। ২৬শ ও ২৮শ চিত্রে এইরূপ প্রদর্শিত হইয়াছে। ২৬শ চিত্রে দ কীলক-মূল কেন্দ্র করিয়া একটি ছোট বৃত্ত করা হইয়াছে। ঐ বৃত্তে ঘণ্টা-রেখান্তর অংশ নিরূপণ করিয়া পীঠের প্রান্ত পর্য্যন্ত রেখা-গুলি বাড়াইয়া দেওয়া হইয়াছে। দ স্থানে কীলকের [illegible]

[illegible] চিত্র।

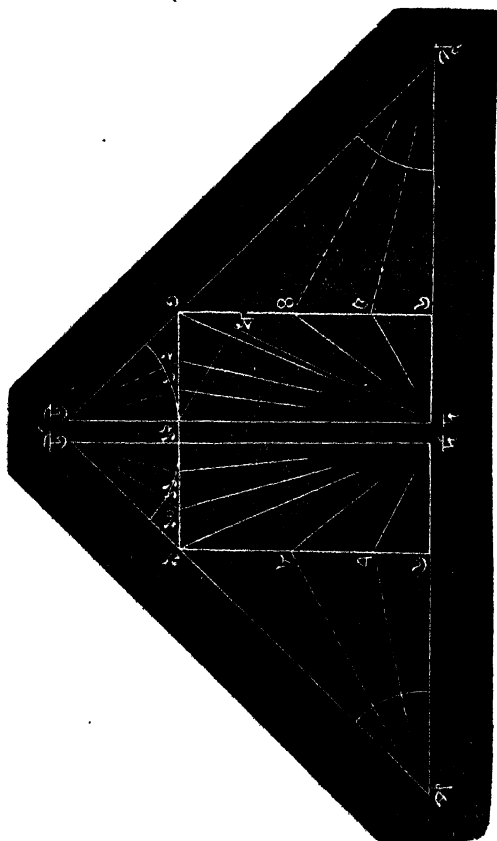
[illegible]

২। রৈখিক ক্রম।

প্রথমে ত্রিভুজাকার পট্ট উদথ আঁক (২৯শ চিত্র)। এখানে থদউ কোণ অক্ষাংশ-তুল্য, এবং দথউ সমকোণ (৯০ অংশ)। পীঠে মধ্যাহ্ন দউ ও পূর্ব্বাপর রেখা দপূ টান। পট্টের উথ বাহু ব্যাসার্দ্ধ এবং দ বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া উ´পূ´ বৃত্ত পাদ কর। দ কে কেন্দ্র করিয়া এবং দউ ব্যাসার্দ্ধে উপূ বৃত্তপাদ কর। উ´পূ´ বৃত্তপাদকে ছয় সমান ভাগে ভাগ করিয়া ভাগস্থল চিহ্নিত কর। দ হইতে ঐ সকল চিহ্ন পর্য্যন্ত ব্যাসার্দ্ধ টান। এই সকল ব্যাসার্দ্ধ বর্দ্ধিত করিলে তাহারা উপূ বৃত্ত-পাদকেও পনের পনের অংশে বিভক্ত করিবে। এইরূপে, উক, কখ, খগ, গঙ, ঙপূ = ১৫ অংশ। এখন বাহিরের বড় বৃত্তপাদের কখগঘঙ চিহ্নসকল হইতে দপূ রেখার সমান্তর রেখা টান। তারপর ভিতরের ছোট বৃত্ত-পাদের চিহ্নসকল হইতে মধ্যাহ্নরেখার সমান্তরে পাঁচটি রেখা টান। তবেই দুই সারি সমান্তর রেখা পাওয়া গেল। এক সারি পূর্ব্বাপর রেখার, অন্য সারি মধ্যাহ্নরেখার সমান্তর। চ, ছ, জ, ঝ, ঞ এই পাঁচ বিন্দুতে ঐ দুই সারি রেখা পরস্পর ছেদন করিয়াছে। এই সকল বিন্দু এবং দ কেন্দ্র যোগ করিলে ঘণ্টারেখা ১,২,৩,৪,৫ পাওয়া যাইবে। এস্থলে মধ্যাহ্নরেখার এক পার্শ্বের ঘণ্টারেখা পাওয়া গেল। অন্য পার্শ্বের রেখা সকলও এইরূপে পাওয়া যাইবে।

গণিত দ্বারা হউক, আর সমান্তর রেখা টানিয়া হউক, প্রথমেই পীঠে ঘণ্টারেখা টানিবে না। প্রথমে পীঠ অপেক্ষা কিছু ছোট কাগজে রেখাগুলি সাবধানে টানিবে। পরে সেই কাগজখানি পীঠের উপর রাখিয়া ঘণ্টারেখাগুলি পীঠে চিহ্নিত করিবে। তখন পট্টের মূল হইতে উক্ত চিহ্ন পর্য্যন্ত রেখা সকল অনায়াসে টানিতে পারিবে।

এখানে আর একটি সুন্দর ক্রম বলা যাইতেছে। ৩০শ চিত্রে [illegible] রেখা কর। এক পট্টের [illegible] তুল্য দ [illegible] রাখিয়া প পূ উপরে [illegible]

দউ´ ছুই তির্য্যক্ রেখা কর। দ ১২, ধ্রুবপট্টের ভূমির সমান। ধ ১২ উহার বাহু। বস্তুতঃ ১২ দধ ধ্রুবপট্ট। ধ ১২ সমান করিয়া ১২ উ লও। দ´প এবং দ পূ কে দউ সমান কর। উপূ, উ´প যোগ কর।

৩০শ চিত্র।

ছুইটি সমবাহু ত্রিভূজ হইবে। ১২ চিহ্ন দিয়া ৯ ১ ২ ৩ তির্য্যক্ রেখা কর। ৯ ৬, ৩ ৭ লম্বদ্বয় কর। উ, উ´, প, পূ কোণে ধ ১২ ব্যাসার্দ্ধে চারিটি চাপখণ্ড কর। প্রত্যেক খণ্ড সমান তিনভাগে বিভক্ত করিয়া ব্যাসার্দ্ধ

টানিয়া ৯ ৩, ৯ ৬, ৩ ৬ তির্য্যক্ রেখা পর্য্যন্ত বিস্তৃত কর। এখন দ ও দ´ এবং এই সকল ব্যাসার্দ্ধ চিহ্ন যোগ করিলে ঘণ্টারেখা হইবে।

* কোন কোন স্থানে তথাকার সময় না রাখিয়া অন্য স্থানের সময় দেখাইবার নিমিত্ত ঘড়ী ঠিক করিয়া রাখিতে হয়। কটক ও মাদ্রাজের সময়ে ২৩ মিনিট প্রভেদ। কিন্তু কটকে অনেকেই মাদ্রাজের সময়ানুসারে ঘড়ী ঠিক করিয়া রাখেন। এস্থলে সূর্য্য-ঘড়ী-প্রদর্শিত কালে ২৩ মিনিট হীন করিলে মাদ্রাজের সময় পাওয়া যাইতে পারে। কিংবা সূর্য্যঘড়ীর ঘণ্টারেখা এমন দূরে দূরে অঙ্কিত করা চলে, যদ্দারা মাদ্রাজের সময় জানা যাইতে পারে। অবশ্য ঐ কালে কালসমীকরণ যথাবিধি ধন ঋণ করিতে হইবে।

এখানে একটী উদাহরণ দেওয়া যাইতেছে। মনে কর কটকে মাদ্রাজের সময় পাইবার নিমিত্ত ধরাপীঠ যন্ত্র রচনা করিতে হইবে। এস্থলে মধ্যাহ্নে ১২টা রেখা না করিয়া মাদ্রাজের মধ্যাহ্নে ১২টা রেখা করিতে হইবে। কটক হইতে মাদ্রাজ ২৩ মিনিট পশ্চিমে। অতএব, কটকে ১২ঘঃ ২৩ মিঃ হইলে মাদ্রাজে ১২টা হইবে। এইরূপ অন্যান্য ঘণ্টায় হইবে। দেশান্তর ঘণ্টা-মিনিটকে অংশকলায় পরিবর্ত্তন করিতে পারা যায়। বিষুববৃত্তের ৩৬০ অংশ ২৪ ঘণ্টায় ঘুরিয়া আসিতেছে। অতএব ১ঘণ্টায় ১৫ অংশ, ৪ মিনিটে ১ অংশ, ৪ সেকেণ্ডে ১ কলা ঘুরিয়া আসে। ২৩ মিনিটে ৫।৪৫ অংশাদি হইবে।

অতএব গণিতক্রম এইরূপ হইবে। কটকের ১২টার সময় ধ্রুব-পট্টের ছায়া মধ্যাহ্ন রেখায় পড়িবে। কিন্তু সে সময়ে ১২টা না গণিয়া ১১টা ৩৭ মিঃ গণিতে হইবে। প্রথমে মধ্যাহ্ন রেখা হইতে পশ্চিমে ৫।৪৫ অংশাদির ঘণ্টান্তরাংশ গণনা করিতে হইবে। কটকের অক্ষাংশ ২০।২৮। এইরূপে

$$\text{ঘ স্প} = \frac{\text{অজ্যা} \times \text{ন স্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{\text{২০।২৮ জ্যা} \times \text{৫।৪৫ স্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{২।১ স্প}$$

অতএব কটকের মধ্যাহ্ন রেখা হইতে পশ্চিম ২।১ অংশাদি দূরে ১২টা রেখা হইবে। অন্যান্য ঘণ্টান্তরাংশ নিম্নলিখিত মত হইবে। মধ্যরেখা হইতে ঘণ্টান্তরাংশ গণিতে হইবে।

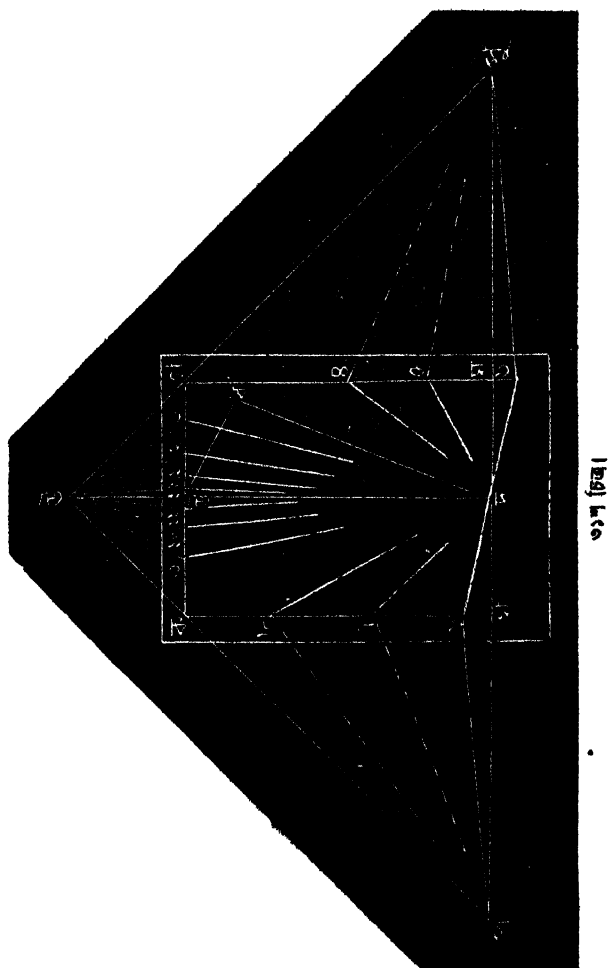
১২টা রেখা নত ঘণ্টাংশ		৫।৪৫	ঘণ্টারেখান্তরাংশ		২।১
১টা	"	"	২০।৪৫	"	৭।৩৩
২টা	"	"	৩৫।৪৫	"	১৪।৭
৩টা	"	"	৫০।৪৫	"	২৩।১০
৪টা	"	"	৬৫।৪৫	"	৩৭।৪৯
৫টা	"	"	৮০।৪৫	"	৬৫।২
৬টা	"	"	৯৫।৪৫	"	১০৬।৪

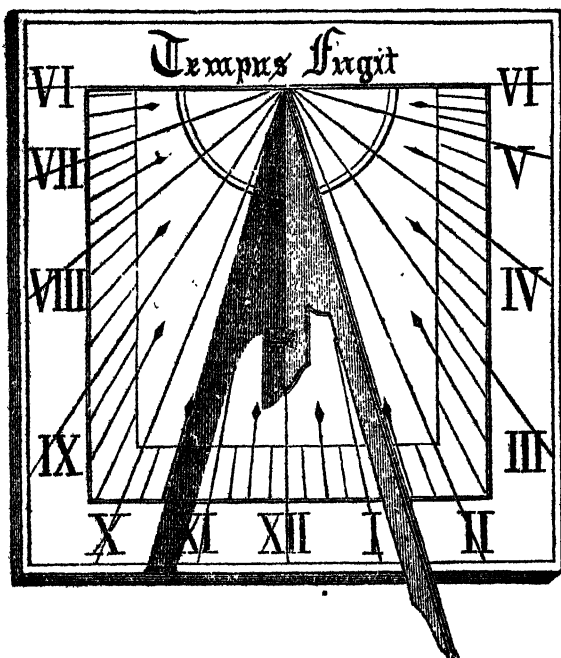
(৯০ অংশের অধিক অংশের স্পর্শিণীর পরিবর্ত্তে কোটি-স্পর্শিণী গ্রাহ্য।)

১১টা রেখা নত ঘণ্টাংশ		১৫—৫।৪৫=৯।১৫	"	৩।১৬
১০টা	"	"	৩০—৫।৪৫=২৪।১৫	"	৮।৫৭
৯টা	"	"	৪৫—৫।৪৫=৩৯।১৫	"	১৫।৫৭
৮টা	"	"	৬০—৫।৪৫=৫৪।১৫	"	২৫।৫৪
৭টা	"	"	৭৫—৫।৪৫=৬৯।১৫	"	৪২।৪২
৬টা	"	"	৯০—৫,৪৫=৮৪।১৫	"	৭৩।৫৬

অতএব দেখা যাইবে যে, পূর্ব্বাহ্ন কিংবা পরাহ্নের ঘণ্টারেখান্তর গণনা করিলে অন্ত পার্শ্বের ঘণ্টান্তরাংশ আসিবে না। প্রত্যেক ঘণ্টান্তরাংশ গণনা করিতে হইবে।

ঐ সকল ঘণ্টা রেখা রৈখিকক্রমে করিতে হইলে উপরের মত মনে করিতে হইবে যে, কটকের ১২টা ২৩ মিনিটের রেখা করিতে হইবে। ঐ রেখা নিরূপিত হইলে উহার পরে ও পূর্ব্বে ঘণ্টান্তর রেখা করিলেই হইবে। যথা ৩১শ চিত্রে দউ দক্ষিণোত্তর রেখা, পূপ পূর্ব্বাপর রেখা, দ স্থানে উ দ ধ কোণ অক্ষাংশ পরিমিত করা হইয়াছে। উধ=উ উ´। কগ, উ বিন্দু দিয়া দউ রেখার তির্য্যক্ রেখা। দগ=দপূ=দউ´। কথ, গঘ রেখাদ্বয় গপূ রেখার তির্য্যক্। এখন উ উ´ ১২, থ প ৬, এবং ঘ পূ ৬ কোণ তিনটি, ৫।২৩ অংশাদির সমান করিয়া রচনা কর। উ ১২ হইতে আরম্ভ করিয়া উহার দুই পার্শ্বে এবং সেইরূপ প৬ এবং পূ৬ হইতে পনের অংশ অন্তর চিহ্ন কর। এইরূপে ১২, ১, ২, ৩, ১১, ১০, ৯, এবং ৬, ৭, ৮, ও ৬, ৫, ৪ চিহ্ন পাওয়া গিয়াছে। এক্ষণে দ হইতে ঐ সকল চিহ্ন পর্য্যন্ত রেখা করিলে, তৎসমুদয় অভীষ্ট রেখা হইবে। তাপদের সময় দ উ রেখা মধ্য রেখার [illegible]।

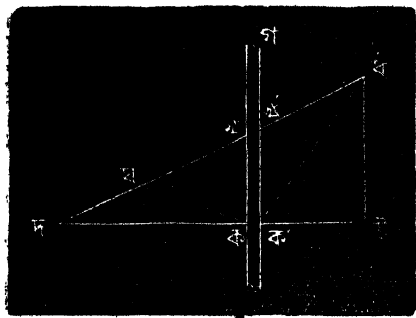
চিত্র ১৭।

উপরে কেবল ঘণ্টা রেখার উল্লেখ করা গিয়াছে। ঘণ্টার্দ্ধ রেখা করিতে হইলে প্রত্যেক বৃত্তপাদ ১২ সমান ভাগে (৭॥০ অংশে) বিভক্ত করিতে হইবে; ঘণ্টাপাদ রেখা নিমিত্ত ২৪ সমান ভাগে (৩¾ অংশে)

করিতে হইবে। দণ্ডরেখা পাইতে গেলে ৩০ সমান ভাগ (৩ অংশ) করিতে হইবে। ৩২শ চিত্রে পাদ-ঘণ্টা অঙ্কিত ধরাপীঠ যন্ত্রের আদর্শ প্রদর্শিত হইল।

৩২শ চিত্র।

স্থাপন। বোধ হয় সকলেই ইষ্টক প্রস্তরাদির স্তম্ভের কিংবা অভাবে কাষ্ঠের উপর সূর্য্যঘড়ী স্থাপন করিতে ইচ্ছুক হইবেন। স্তম্ভটি ৩। ফুট উচ্চ করিয়া তাহার উপরিভাগ সাবধানে জল-সম (সমান) কর। (বিলাতী লেবেল যন্ত্রদ্বারা উহার জল-সমতা নিরূপিত হইতে পারে।) ঐ জল-সম পৃষ্ঠে মধ্যরেখা নিরূপণ কর। ঐ রেখায় নির্ম্মিত ঘড়ীর মধ্যাহ্ন রেখা রাখিয়া স্তম্ভের সহিত পীঠ দৃঢ়রূপে বদ্ধ কর।

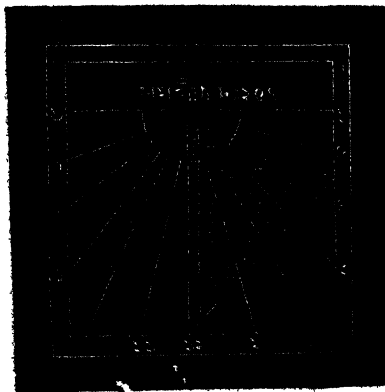
অবশ্য পূর্ব্বেই ধ্রুবপট্ট দৃঢ়বদ্ধ করা হইয়াছে। দেখিবে যেন পীঠ জলসম এবং ধ্রুবপট্ট পীঠের উপর ঠিক তির্য্যক্‌ভাবে (মাটাম-সই) থাকে। পীঠ ও পট্ট পিত্তলাদি ধাতুনির্ম্মিত এবং পুরু হইলে পীঠের নিম্নপৃষ্ঠ হইতে ইস্ক্রুপ দিয়া পট্ট বদ্ধ করা যাইতে পারে। মাটাম-সই করিয়া ইচ্ছা হইলে যোড়মুখ ঝালিয়া দেওয়া যাইতে পারে। ইট চুণের পীঠ করিয়া তদুপরি পিত্তলের দস্তার কিংবা পাথরের পট্ট বসাইলে পীঠ প্রস্তুত করিবার ব্যয় হয় না। পাথরের পীঠ ও পট্ট করিতে হইলে পীঠে নালী এবং পট্টের নিম্ন পালির দিকে তদনুরূপ মূল করিয়া পীঠে পট্ট আঁটিয়া দেওয়া যাইতে পারে।

৩৪ সমপীঠ যন্ত্র।

যে ঘড়ীর পীঠ সমবৃত্ততলে অর্থাৎ পূর্ব্বাপর রেখায় ঊর্দ্ধাধঃভাবে অবস্থিত, তাহাকে সমপীঠ বলা যায়। ১০ম চিত্র দেখিলে বুঝা যাইবে যে, ধ্রুবযষ্টি সমবৃত্ততলকে ভেদ করিয়া দুই পার্শ্বে বহির্গত হইয়াছে। আরও দেখা যাইবে যে, যে স্থানের অক্ষাংশ রবির পরম ক্রান্ত্যংশ (২৩।২৭) অপেক্ষা অধিক, সে স্থানে ধ্রুবযষ্টির ছায়া উক্ত তলের দক্ষিণ পার্শ্বে বার মাস পড়িবে; কিন্তু উন হইলে জ্যৈষ্ঠ আষাঢ় মাসে সে পার্শ্বে পড়িবে না। শেষোক্ত স্থলে দক্ষিণ ও উত্তর দুই পার্শ্বেই ঘণ্টারেখা অঙ্কন আবশ্যক। অর্থাৎ সে স্থলে দক্ষিণমুখী ও উত্তর-

৩৩শ চিত্র।

মুখী, উভয়বিধ ঘড়ী আবশ্যক। কিন্তু বুঝা যাইবে, উক্ত ঘড়ীর ঘণ্টারেখা

এক, এবং পীঠের প্রতি ধ্রুবযষ্টির অবনত উভয় পার্শ্বেই ৯০ অংশ—অক্ষাংশ হইবে। ৩৩শ চিত্রে দধ ধ্রুবযষ্টি, কখর্খ'ক' পীঠ, কদখ কোণ=অক্ষাংশ, দখক=ধর্খ'গ=৯০—অক্ষাংশ। ৯০ অংশ—অক্ষাংশকে লম্বাংশ (co-latitude) বলে। ধ্রুবযষ্টির পরিবর্ত্তে দকখ দক্ষিণমুখীর, ধখ'ক'উ উত্তরমুখীর ধ্রুবপট্ট। কিন্তু দক্ষিণমুখীর ধ্রুবপট্ট দকখএর তুল্য ত্রিকোণ করিলে দ কোণ সরু বলিয়া ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে, এবং ইহার নিম্নে মধ্যাহ্ন-রেখায় অনেক শূন্য স্থল থাকে। উত্তরপৃষ্ঠে ধর্খ'ক'উ আকারের ধ্রুবপট্ট করিলে মধ্যাহ্ন-রেখা দৃষ্ট হয় না। এ নিমিত্ত উহাদের আকার যথাক্রমে খযক ও খ' ধ ক' তুল্য করিলে সুবিধা হয়। ৩৪ ও ৩৫শ চিত্রে এইরূপ করা হইয়াছে।

নির্ম্মাণ। ধরাপীঠ ঘড়ীর পীঠ ও ধ্রুবপট্ট নির্ম্মাণ সম্বন্ধে অনেক কথা বলা গিয়াছে। সেই উপদেশ মত পীঠ ও ধ্রুবপট্ট নির্ম্মাণ করিবে। মধ্যাহ্নরেখা হইতে ঘণ্টান্তরাংশ, গণিত ও রৈখিক, উভয়ক্রমে পাওয়া যায়।

৩৫শ চিত্র।

১। গণিত ক্রম।

সূত্র এই—

$$\text{ম স্প} = \frac{\text{অ কোজ্যা} \times \text{ন স্প}}{\text{ত্রি}}$$

এস্থলে ম=মধ্যরেখা হইতে ঘণ্টান্তরাংশ

অ=অক্ষাংশ

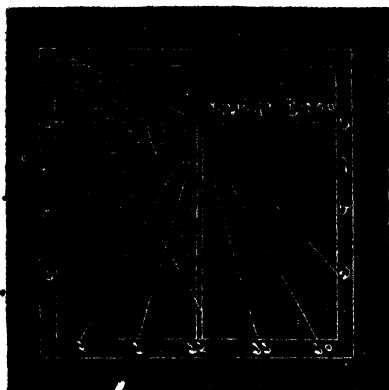
ন=নত ঘণ্টাংশ, ১৫°, ৩০°, ৪৫° ইত্যাদি

ত্রি=ত্রিজ্যা

উদাহরণ। মৈমনসিংহের অক্ষাংশ ২৪।৪৫। তথাকার দক্ষিণমুখী ঘড়ী

৩৫শ চিত্র।

নিমিত্ত মধ্যাহ্নরেখা হইতে পূর্ব্বাহ্ন ১১টা বা পরাহ্ন ১টা রেখা

ঘ স্প=

$$\frac{২৪।৪৫ \text{ কোজ্যা} \times ১৫ \text{ স্প}}{\text{ত্রি}}$$

।=১৩।৪১ স্প

অর্থাৎ ১৩।৪১ অংশাদি দূরে হইবে।

১০টা বা ২টা রেখা

$$\text{ঘ স্প} = \frac{২৪।৪৫ \text{ কোজ্যা} \times ৩০^\circ \text{ স্প}}{\text{ত্রি}} = ২৭।৪০ \text{ স্প}$$

অর্থাৎ ২৭।৪০ অংশাদি দূরে হইবে।

৯টা বা ৩টা রেখা

$$\text{ঘ স্প} = \frac{২৪।৪৫ \text{ কোজ্যা} \times ৪৫ \text{ স্প}}{\text{ত্রি}} = ৪২।১৫ \text{ স্প}$$

অর্থাৎ ৪২।২৫ অংশাদি দূরে হইবে। ইত্যাদি

২। রৈখিক ক্রম।

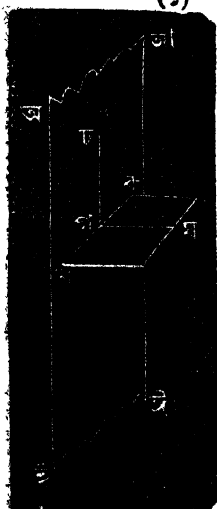
ইহা ধরাপীঠ ঘড়ীর তুল্য। প্রভেদ এই, ধরাপীঠের নিমিত্ত অক্ষাংশ, সমপীঠের নিমিত্ত ৯০—অক্ষাংশ লইতে হইবে। অন্যান্য বিষয়ে অবিকল এক। মৈমনসিংহের অক্ষাংশ ২৪।৪৫। সে স্থানের নিমিত্ত সমপীঠ ঘড়ীর ঘণ্টান্তরাংশ পাইতে গেলে মনে করিবে যেন ৯০—২৪।২৫=৬৫।১৫ অক্ষাংশের নিমিত্ত ধরাপীঠ ঘড়ী করিতেছ।

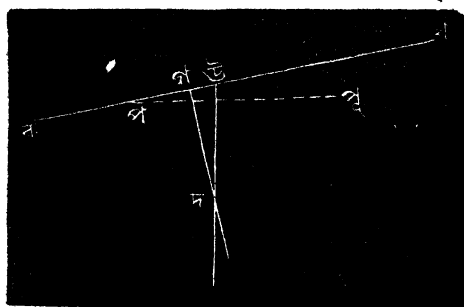
সমপীঠ সূর্য্যঘড়ী রচনার নিয়ম হইতে যাবতীয় সূর্য্যঘড়ী রচনার এক সাধারণ নিয়ম পাওয়া যায়। মনে কর, ক ও খ এমন দুই স্থান যে, কএর অক্ষাংশ অ এবং খএর অক্ষাংশ ৯০—অ। এরূপ হইলে ঐ দুই

স্থানের কোন এক স্থানের সমপীঠ ঘড়ী অন্ত স্থানের ধরাপীঠ হইবে। বস্তুতঃ যে কোন স্থানের নিমিত্ত যে কোন ঘড়ী ভূ-পৃষ্ঠের অন্ত কোন এক স্থানের ধরাপীঠ হইবে। কারণ প্রথমোক্ত ঘড়ীর পীঠ গোলাকার ভূপৃষ্ঠের কোন-না-কোন স্থানের ক্ষিতিজের সমান্তর হইবে। যদি দুইটী ঘড়ীর পীঠ সমান্তর হয়, তাহা হইলে তাহাদের ধ্রুবযষ্টিও সমান্তর হইবে, এবং ছায়াও সমান দূরে পড়িবে।

স্থাপন। দক্ষিণোত্তর-মুখী ঘড়ীর সুবিধা এই যে, উহার নিমিত্ত পৃথক্ স্তম্ভ নির্ম্মাণ না করিলেও চলে। পূর্ব্ব পশ্চিমে বিস্তৃত প্রাচীর পাইলে তাহার গাত্রে এই ঘড়ী স্থাপন করা চলে। কিন্তু দুইটি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা আবশ্যক। (১) প্রাচীরের গাত্র ঠিক অবলম্ব-সূত্রে, এবং (২) ঠিক পূর্ব্বপশ্চিমে থাকিবে।

৩৬শ চিত্র।

(১) গাত্র ঠিক অবলম্ব-সূত্রে আছে কিনা, তাহা রাজমিস্ত্রীর ওলমদড়ী দ্বারা পরীক্ষা করিবে। প্রাচীর পরীক্ষার পূর্ব্বে অবশ্য দেখিবে, ওলমদড়ী ঠিক আছে। কিংবা নিম্নলিখিত মত করিবে। কাঠের একখান মসৃণ ঋজুধার পাটা প্রাচীরের গাত্রে লাগাইয়া তাহার পৃষ্ঠ ঠিক জলসম কর। ৩৬শ চিত্রে অ আ ই ঈ প্রাচীর গাত্র। ক গ খ ঘমসৃণ পাটা। উহার ক খ পালি ঋজু। পাটা জলসম হইলে ক খ, প্রাচীর গাত্র ও পাটার স্পর্শ-রেখাও ক্ষিতিজের সমান্তর হইবে। ঐ রেখার কোন বিন্দু গ হইতে প্রাচীরে গ চ লম্ব, এবং পাটায় গ ঘ লম্ব টান। চ গ ঘ সমকোণ হইলে প্রাচীর ঠিক সমভাবে আছে। না হইলে আবশ্যক স্থানে বালি চূণ লাগাইয়া বা অন্য উপায়ে প্রাচীর গাত্র লম্ব করিবে।

(২) প্রাচীর গাত্র ঠিক পূর্ব্ব পশ্চিমে আছে কিনা তাহা জানিবার নিমিত্ত, উক্ত পাটা খানিকে জলসম রাখিয়া তাহার উপরে মধ্যরেখা নিরূপণ করিবে। মনেকর ৩৬শ চিত্রে গ ঘ মধ্যরেখা। যদি ক গ ঘ কোণ সমকোণ হয়, তাহা হইলে প্রাচীর গাত্র ঠিক পূর্ব্ব পশ্চিমে আছে। না হইলে বালি চূণ লাগাইয়া বা অন্য উপায়ে ক গ ঘ কোণ সমকোণ করিবে।

৩৭শ চিত্রে মনেকর, কখ প্রাচীর ঠিক পূর্ব্বাপর পপূ নাই। উহার গাত্রে সংলগ্ন পাটায় গদ রেখা গাত্র ও পাটার স্পর্শ-রেখার লম্ব-রেখা অঙ্কিত হইয়াছে। কিন্তু মনে কর, মধ্যরেখা গদ না হইয়া উদ পাওয়া গেল। অতএব গদউ কোণ=খপপূ কোণ। কারণ দউ পপূরেখার লম্ব। এখন গায়ে খপপূ পরিমিত বালি চূণ লাগাইতে হইবে। কিংবা ঘড়ীর পীঠের বিপরীত পৃষ্ঠে খপপূ কোণ-যুক্ত ধাতু কিংবা কাষ্ঠময় ফলক সংলগ্ন করিতে হইবে।

৩৭শ চিত্র।

উক্তরূপে নির্ম্মিত প্রাচীর গাত্রকেই পীঠ করা যাইতে পারে। ধ্রুবপট্ট নিমিত্ত পিত্তল কিংবা পুরু শ্লেট ব্যবহার করা যাইতে পারে। যাহাই হউক, দেখিবে যে, মধ্যাহ্নরেখা ঠিক অবলম্ব-সূত্রে আছে, সুতরাং পূর্ব্বাপর বা ৬টা রেখা উহার সমকোণে থাকিবে।

উত্তরমুখী করিতে হইতে ঘণ্টান্তরাংশ গণনা উপরি-উক্ত প্রকারে করিবে। একখানি কাগজের এক পৃষ্ঠের রেখাগুলি অন্য পৃষ্ঠে যেমন দেখায়, এখানেও তেমনই দেখায়। দক্ষিণমুখীর পূর্ব্বাহ্ণ ও পরাহ্ণ ঘণ্টা

নাম উত্তরমুখীতে পরাহ্ণ ও পূর্ব্বাহ্ণ হইবে। স্থাপনের সময় প্রাচীর গাত্র পরীক্ষা ও শোধন করিয়া লইবে।

৪§ যাম্যোত্তর-পীঠ যন্ত্র।

যে ঘড়ীর পীঠ যাম্যোত্তরে অবস্থিত, তাহাকে যাম্যোত্তর-পীঠ বলা যায়। উক্ত পীঠের এক পার্শ্ব পূর্ব্বমুখে, অন্য পার্শ্ব পশ্চিমমুখে থাকে। এইরূপে যাম্যোত্তর-পীঠ ঘড়ী পূর্ব্বমুখী ও পশ্চিমমুখী দ্বিবিধ হইয়া থাকে। ৮, ৯, ১০ম চিত্রের যে কোন চিত্র দেখিলে বুঝা যাইবে, যাম্যোত্তর-বৃত্ত ও, ধ্রুবযষ্টি একই তলে থাকে। সুতরাং যাম্যোত্তর-পীঠ ঘড়ীর ধ্রুবযষ্টি পীঠের সমান্তরে থাকে, উভয়ের মধ্যে কোণ থাকে না। এই হেতু মধ্যাহ্ন-রেখা ও ঘণ্টারেখা সকলেই পরস্পর সমান্তরে থাকে। অবশ্য ধ্রুবযষ্টি ধ্রুবাভিমুখে থাকে।

৩৮শ চিত্রে কুজ ক্ষিতিজ রেখা, ধধ´ ধ্রুবযষ্টি। প্রাচীর দক্ষিণোত্তর

৩৮শ চিত্র।

হওয়াতে ধ্রুবযষ্টি প্রাচীরের গায়েই থাকিয়া যাইবে। সুতরাং তাহার ছায়া পাওয়া যাইবে না। এজন্য ধর্ধ´ রেখার সমান্তরে একটি ধ্রুবযষ্টি করিতে হইবে। কিন্তু শূন্যে ধ্রুবযষ্টি সংলগ্ন করা যাইতে পারে না। এই হেতু ধ´দ উ ধ এক আয়তাকার ধ্রুবপট্ট আবশ্যক। উহার দউ পালি ধর্ধ´ রেখার সমান্তর হইবে।

চিন্তা করিলে বুঝা যাইবে যে, পূর্ব্বমুখীতে উক্ত ধ্রুবপট্টের ছায়া প্রাতঃ ৬টার সময় ধর্ধ´ রেখায় পড়িবে। প্রাতঃ ৬টা হইতে ছায়া ক্রমশঃ দীর্ঘ হইয়া মধ্যাহ্ন সময়ে অসীম দীর্ঘ হইবে, এজন্য প্রাচীরে আদৌ পতিত হইবে না। পশ্চিমমুখী ঘড়ীতে মধ্যাহ্ন হইতে সায়ং ৬টা পর্য্যন্ত ছায়া পড়ে। অতএব কোনটা দ্বারা ঠিক মধ্যাহ্ন জানিতে পারা যায় না। ঘণ্টারেখা আনয়ন ক্রম দ্বিবিধ, গণিত ও রৈখিক।

১। গণিত ক্রম। সূত্র

$$ঘ = \frac{উ \times ন\ স্প}{ত্রি}$$

এখানে ঘ = ৬টা রেখা হইতে ঘণ্টারেখান্তর

উ = ধ্রুবপট্টের উচ্চতা

ন = নত ঘণ্টাংশ (১৫°, ৩০°, ইত্যাদি)

ত্রি = ত্রিজ্যা

এই সূত্র হইতে বুঝা যাইবে, ঘণ্টারেখান্তর অক্ষাংশের উপর নির্ভর করে না, কেবল ধ্রুবপট্টের উচ্চতার উপরেই নির্ভর করে।

উদাহরণ। যদি ধ্রুবপট্ট ৪ ইঞ্চ উচ্চ হয়, তাহা হইলে ঘণ্টারেখার অন্তর কত কত হইবে?

৬টা হইতে পূর্ব্বাহ্ন ৭টা বা পরাহ্ন ৫টা রেখা

$$ঘ = \frac{৪ \times ১৫\ স্প}{ত্রি}$$

$$= ১'০৭২ \text{ ইঞ্চ দূরে।}$$

৮টা বা ৪টা রেখা

$$ঘ = \frac{৪ \times ৩০ স্প}{ত্রি}$$

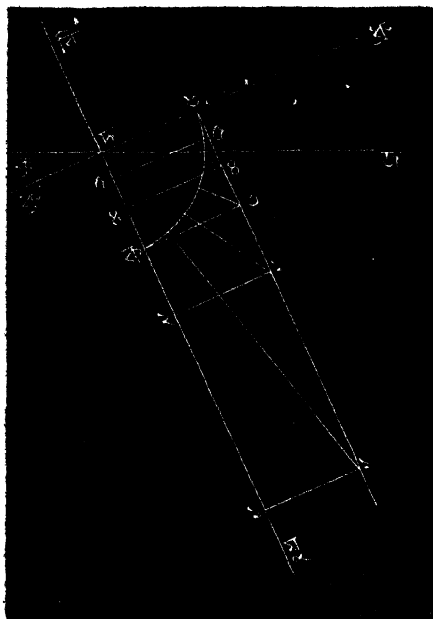
= ২·৩০৮ ইঞ্চ দূরে।

৯টা বা ৩টা রেখা

$$ঘ = \frac{৪ \times ৪৫ স্প}{ত্রি}$$

= ৪ ইঞ্চ দূরে।

ইত্যাদি

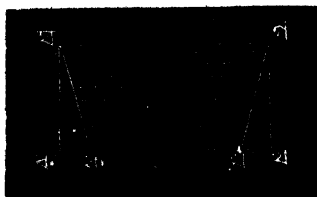
২। **রৈখিক ক্রম।** মনে কর ৩৯শ চিত্রে কুজ ক্ষিতিজরেখা (জলসম রেখা) প্রাচীর গাত্রে উত্তর দক্ষিণে বিস্তৃত আছে। ঐ রেখার দ কোন বিন্দুতে জদধ্রু কোণ স্বদেশের অক্ষাংশ তুল্য কর। ধ্রুদ বর্দ্ধিত কর। উহা ধ্রুধ্রু´ রেখা। উহার সমকোণে বিষু রেখা টান। উহা বিষুব-রেখা। ধ্রুবপট্ট যত উচ্চ (চিত্রে দ ক), তত উচ্চতা ব্যাসার্দ্ধ করিয়া দ কেন্দ্রে ৬ ক বৃত্তপাদ আঁক। ৬ হইতে বিষু রেখার সমান্তরে ৬১ রেখা টান। উহা অবশ্য ধ্রুধ্রু´

৩৯শ চিত্র।

রেখার সমকোণে এবং বৃত্তপাদের স্পর্শিণী হইবে। এখন বৃত্তপাদকে ছয় সমান ভাগে ভাগ কর, এবং দ ও এই ছয় ভাগস্থান যোগ করিয়া স্পর্শিণী

পর্য্যন্ত বিস্তৃত কর। চিত্রে এই পাঁচ রেখা ৬১ রেখাকে ৫, ৪, ৩, ২, ১ স্থানে ছেদন করিয়াছে। এই সকল স্থান হইতে ৫ ৫, ৪ ৪, ক ৩, ২ ২, ১ ১ রেখা ধ্রুধ্রু´ রেখার সমান্তরে টান। এই সকল রেখাই ঘণ্টারেখা। দ ৬ রেখা ৬টা রেখা।

ঐ সকল রেখা পূর্ব্ব ও পশ্চিমমুখী উভয় ঘড়ীরই ঘণ্টারেখা হইবে। একখানি পাতলা কাগজে ঐ সকল রেখা টানিলে কাগজের দুই পৃষ্ঠে যেমন দেখাইবে, প্রাচীরেও ঐ দুই ঘড়ীতে তেমনই দেখাইবে।

নির্ম্মাণ। কোন প্রাচীর অভীষ্ট স্থানের মধ্যরেখায় থাকিলে তাহার পূর্ব্ব ও পশ্চিম গাত্রে আয়তাকার দুইখানি ধ্রুবপট্ট ধ্রুবাভিমুখে প্রোথিত করিলেই যাম্যোত্তর-পীঠ ঘড়ী নির্ম্মিত হইবে। অবশ্য পিত্তলাদি পীঠে পিত্তলাদির ধ্রুবপট্ট বদ্ধ করিয়াও নির্ম্মিত হইতে পারে। মনে রাখিবে যে, ধ্রুবপট্ট যত উচ্চ, ৬টা রেখা হইতে তত দূরে পূর্ব্বাহ্ণ ৯টা ও পরাহ্ণ ৩টা রেখা হইবে। ৩৯শ চিত্রে ৬৩=দ৬। ধ্রুবপট্ট ৪ ইঞ্চ মাত্র উচ্চ হইলে ৭টা বা ১টা রেখা ৬টা রেখা হইতে প্রায় ১৫ ইঞ্চ দূরে হইবে। সুতরাং হয় পীঠ দীর্ঘ করিতে হইবে, না হয় ধ্রুবপট্টের উচ্চতা হ্রস্ব করিতে হইবে। অতএব প্রাচীরের গাত্রকেই পীঠ করিলে সুবিধা হইবে। ধ্রুবপট্ট কখগঘ আয়তাকার না করিয়া কখ´গঘ মত করিলে ৬টা রেখা স্পষ্ট দেখা যাইবে (৪০শ চিত্র)।

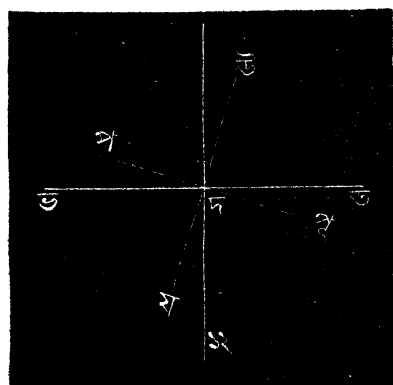
স্থাপন। প্রথমে দেখা আবশ্যক, প্রাচীর ঠিক লম্বভাবে, এবং মধ্যরেখায় আছে। ইহা নিরূপণ করিবার উপায় সমপীঠ ঘড়ী স্থাপন-বর্ণনায় বলা গিয়াছে। প্রাচীর পরীক্ষা এবং আবশ্যক হইলে শোধন করিয়া ভূমি হইতে প্রায় ৩ হাত উচ্চে এক ক্ষিতিজ রেখা দক্ষিণোত্তরে

৪০শ চিত্র।

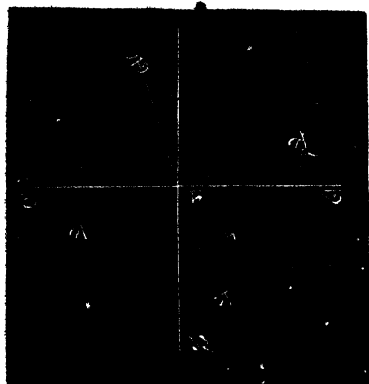
টানিবে। ঐ রেখা জলসম হইবে। পরে সেই রেখার উত্তরাভিমুখে অক্ষাংশ কোণ আঁকিবে। উহা হইতে ধ্রুবরেখা পাইবে। ১০ ইঞ্চ চৌড়া বা উচ্চ, এক ফুট লম্বা এবং যথোচিত মোটা এক ধ্রুবপট্ট লইয়া উক্ত ধ্রুবরেখার প্রাচীরের ভিতর ৪ ইঞ্চ প্রোথিত করিবে। পরে ঐ পট্টের উচ্চতা পরিমাণ করিয়া যথাক্রমে ঘণ্টারেখা টানিবে।

এরূপ ঘড়ীর দোষ এই যে, (১) মধ্যাহ্ন জানা যায় না, (২) পূর্ব্ব-পশ্চিমমুখী দুইটী যন্ত্র না থাকিলে সারাদিনের ঘণ্টা পাওয়া যায় না। গুণ এই যে, নির্ম্মাণ ও স্থাপন অনায়াসসাধ্য। প্রাচীর গাত্র হইতে একখান ইট বা টালি বহির্গত করিয়া রাখিয়া তদ্দ্বারা ধ্রুবপট্টের প্রয়োজন সিদ্ধ হইতে পারে। কিংবা একটা দীর্ঘ পাতলা লৌহপট্টের এক প্রান্ত সমকোণে বাঁকাইয়া প্রাচীর গাত্রে সংলগ্ন করা যাইতে পারে।

ভিত্তি যাম্যোত্তর কিংবা পূর্ব্বাপর না থাকিলে, তাহাকে শোধন করিয়া লইতে বলা গিয়াছে। কিন্তু ভিত্তি অর্থাৎ প্রাচীরগাত্র শোধিত না করিয়া সূর্য্যঘড়ীকেই শোধিত করিতে পারা যায়। তখন অপগত-পীঠ যন্ত্র আবশ্যক। ভূমি পূর্ব্বাপর কিংবা যাম্যোত্তর না থাকিলে তাহাকে অপগত বলা যায়। উভয় স্থলে একই গণনা। এই গণনা কিঞ্চিৎ জটিল। যাঁহারা গণনায় প্রবেশ করিতে অনিচ্ছুক হইবেন, তাঁহারা নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করিতে পারেন ভিত্তিতে একটি শঙ্কু কীলক এমনভাবে প্রোথিত কর, যেন তাহা আকাশের ধ্রুবাভিমুখে থাকে। পরে কলিকাতা কিংবা রেল ষ্টেসন হইতে একটি 'ওয়াচ' মিলাইয়া আনিয়া ধনঋণ করিয়া তাহাকে স্বদেশের কালজ্ঞাপক কর। পরে অভীষ্টদিনে কালসমীকরণ ধনঋণ করিয়া ঘড়ীকে স্ফুটকালজ্ঞাপক কর। এখন ঐ কীলকের কাছে বসিয়া

থাকিয়া, ভিত্তিতে এক এক ঘণ্টা বা অর্দ্ধ ঘণ্টা অন্তর কীলকের ছায়া যেখানে পড়িবে, সেখানে চিহ্নিত করিতে থাক। যদি 'ওয়াচ' শোধিত এবং কীলক প্রোথিত করিতে দোষ না ঘটে, তাহা হইলে এই উপায় সর্ব্বাপেক্ষা অল্পায়াসসাধ্য। বলা বাহুল্য, এই উপায় যাবতীয় স্থলেই প্রয়োগ করা যাইতে পারে। যে কোন ভুমিতে ধ্রুবাভিমুখে কীলক বদ্ধ করিলে সূর্য্যঘড়ী রচিত হইতে পারে (৩০ পৃঃ)।

পূর্ব্বে (৬৪ পৃঃ) বলা গিয়াছে, যে-কোন ভুমিতেই সূর্য্যঘড়ী রচিত হইতে পারে। রচনা সময়ে দেখা আবশ্যক, অভীষ্ট ভুমি পৃথিবীর কোন্ স্থানের ক্ষিতিজের সমান্তর। অর্থাৎ সে স্থান কোথায়, যাহার ক্ষিতিজ উপস্থিত ভুমির সমান্তর। পৃথিবীর কোন স্থান নির্দেশ করিতে হইলে সে স্থানের অক্ষাংশ ও দেশান্তর জানিতে হয়। ঘণ্টা মিনিটে দেশান্তর যেমন ব্যক্ত করিতে পারা যায়, অংশ কলা বিকলা দ্বারাও তেমনই পারা যায়। নিরক্ষবৃত্তে ৩৬০ অংশ। ঐ ৩৬০ অংশ ২৪ ঘণ্টায় বা ২৪ × ৬০ মিনিটে একবার ঘুরিতেছে। অতএব প্রতি অংশ ৪ মিনিটে, প্রতি কলা ৪ সেকেণ্ডে ঘুরিতেছে। ভুমি কত অক্ষাংশে (স্বদেশের অক্ষাংশে) অবস্থিত, এবং কত অংশ কোন্ দিকে অপগত, প্রথমে তাহা জানা আবশ্যক। ৪১,৪২শ চিত্রে ভত

৪১শ চিত্র।

ভিত্তি, পূপ পূর্ব্বাপর রেখা, উদয উত্তরদক্ষিণ রেখা। ৪১শ চিত্রে ভিত্তির পূর্ব্বপ্রান্ত পূর্ব্বদিক্ পূ হইতে উত্তরে এবং ৪২শ চিত্রে দক্ষিণে অপগত। এই সংজ্ঞা মনে রাখিতে হইবে। তদপূ অপগতাংশ। উহা য দ ১২ কোণের সমান। কারণ ভত রেখার তির্য্যক্ দ ১২, পপূ রেখার তির্য্যক্ উদয।

৪২শ চিত্র।

মনে, কর অ অভীষ্টদেশের অক্ষাংশ, অ´ কল্পিত দেশের অক্ষাংশ, দে কল্পিত দেশের দেশান্তর এবং প ভিত্তির অপগতাংশ। এই কয়েকটি লইয়া গণিতদ্বারা (১) ধ্রুবপট্টের কোণ, (২) নতঘণ্টাগণনার আরম্ভ, এবং (৩) পীঠে ধ্রুবপট্টের স্থান অবগত হইতে হইবে। সাধারণ ধরাপীঠ যন্ত্রে ধ্রুবপট্টের কোণ স্বদেশের অক্ষাংশ পরিমিত হয়, অপগত-পীঠ যন্ত্রে ধ্রুবপট্টের কোণ কল্পিত দেশের অক্ষাংশ পরিমিত করিতে হয়। কারণ সেই কল্পিত দেশের ধরাপীঠ যন্ত্রকেই অভীষ্ট অপগত প্রাচীরে সমপীঠ-রূপে ব্যবহার করিতে হয়। ধ্রুবপট্ট ধ্রুবাভিমুখে থাকিবে। এ বিষয়ে যাবতীয় যন্ত্র এক। সাধারণ ঘড়ীতে ১২টা রেখা হইতে ১৫ অংশ ক্রমে নতঘণ্টান্তরাংশ গণিত হয়, অপগতপীঠে সেরূপ হয় না। অভীষ্টদেশ হইতে কল্পিত দেশের দেশান্তরাংশে ১৫ অংশ যোগ বা বিয়োগ করিয়া নতঘণ্টান্তরাংশ গণনা করিতে হয়। মনে আছে, মধ্যাহ্নের পূর্ব্বে বা পরে যত যত ঘণ্টাকাল, তাহার নাম নতঘণ্টা, এবং পীঠে সেই সেই ঘণ্টাজ্ঞাপক রেখার নাম ঘণ্টারেখা। নতঘণ্টা লইয়া ঘণ্টারেখান্তর পাওয়া যায়।

অপগত পীঠের নিমিত্ত নতঘণ্টাংশ এবং ঘণ্টারেখান্তরাংশ, উভয়ই গণনা করিতে হয়। নতঘণ্টাংশ পাইলে ধরাপীঠ যন্ত্রের ন্যায় ঘণ্টারেখান্তরাংশ গণিত হয়। সাধারণ ঘড়ীতে ধ্রুবপট্ট মধ্যাহ্নরেখায় স্থাপিত হয়, অপগত-পীঠে সে রেখায় না হইয়া তথা হইতে দুরে স্থাপিত হয়। এইরূপ ঘড়ীতে অবলম্বসূত্রে মধ্যাহ্ন-রেখা থাকে, কিন্তু সে স্থানে ধ্রুবপট্ট থাকে না। দেশান্তর ঘণ্টা মিনিটে যত অংশ কলা, তত ঘণ্টামিনিট রেখায় বা তত অংশ কলায় থাকে। অবলম্ব-সূত্রের কোন্ পার্শে থাকে? ভিত্তি উত্তরে অপগত হইলে দক্ষিণমুখী যন্ত্রে পশ্চিম (বা বাম) পার্শ্বে, অর্থাৎ পূর্ব্বাহ্ণ ঘণ্টা রেখার মধ্যে, এবং দক্ষিণে অপগত হইলে পূর্ব্ব (বা দক্ষিণ) পার্শ্বে অর্থাৎ পরাহ্ণ ঘণ্টার মধ্যে কোন স্থানে বসিবে। ৪১, ৪২শ চিত্রে দ য ধ্রুবপট্টের স্থান। উত্তরমুখী হইলে অবশ্য বিপরীত হইবে। এখন গণনার উপপত্তি না দিয়া সূত্রগুলি প্রদত্ত হইতেছে।

কল্পিতদেশের অক্ষাংশ নিমিত্ত

$$\text{অ}'\text{জ্যা} = \frac{\text{অ কোজ্যা} \times \text{প কোজ্যা}}{\text{ত্রি}} \qquad (১)$$

দেশান্তর নিমিত্ত

$$\text{দে কোস্প} = \frac{\text{অজ্যা} \times \text{প কোস্প}}{\text{ত্রি}} \qquad (২)$$

মধ্যাহ্ন রেখা হইতে ধ্রুবপট্টের অন্তরাংশ (মনে কর র) নিমিত্ত

$$\text{র স্প} = \frac{\text{অ কোস্প} \times \text{প জ্যা}}{\text{ত্রি}} \qquad (৩)$$

একটি উদাহরণ দিলে বক্তব্য সুগম হইবে। মনে কর, কটকে (অক্ষাংশ ২০।২৮) কোন প্রাচীর পূর্ব্বাপর না থাকিয়া ১৫ অংশ উত্তরে অপগত আছে (৪১শ চিত্র)। সেই প্রাচীরের দক্ষিণপৃষ্ঠে যন্ত্র বসাইতে হইলে, কল্পিত দেশের অক্ষাংশ ‧

$$\text{অ জ্যা} = \frac{\text{অ কোজ্যা} \times \text{প কোস্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{\text{২০।২৮ কোজ্যা} \times \text{১৫ কোস্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{৬৪।৪৯জ্যা}$$

৬৪।৪৯ জানা গেল। উহাই কল্পিত দেশের ধরাপীঠের ধ্রুবপট্টের কোণ, এবং আমাদের অপগতপীঠ যন্ত্রের ধ্রুবপট্টের কোণ হইবে। (ভিত্তি অপগত না হইলে ঐ কোণ ৯০—২০।২৮ হইত, ৬৩ পৃঃ দেখ)।

মধ্যাহ্নরেখা অবলম্বসূত্রে থাকিবে। কিন্তু ধ্রুবপট্ট সে রেখায় থাকিবে না। কত ঘণ্টারেখায় থাকিবে? দেশান্তর ঘণ্টা যত। দেশান্তর আনিতে

$$\text{দে কোস্প} = \frac{\text{অজ্যা} \times \text{প কোস্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{\text{২০।২৮জ্যা} \times \text{১৫ কোস্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{৩৭।২৮ কোস্প}$$

তবে দেশান্তরাংশ ৩৭।২৮। ঘণ্টামিনিটে আনিলে (১ অংশে ৪ মিনিট, ১ কলায় ৪ সেকেণ্ড), উহা ঘঃ ২।২৯।৫২ হয়। মনে কর, ঘঃ ২।৩০। ইহার অর্থ এই যে, কল্পিতদেশে যখন মধ্যাহ্ন, অভীষ্ট দেশে তখন মধ্যাহ্ন হইতে ঘঃ ২।৩০ বাকী আছে, অর্থাৎ পূর্ব্বাহ্ন ৯।৩০ টা। আমাদের প্রাচীর উত্তরে অপগত বলিয়া এইরূপ হইল। (দক্ষিণে অপগত হইলে উহার বিপরীত হইত।) অর্থাৎ আমাদের দেশ উক্ত কল্পিত দেশের পশ্চিমে অবস্থিত। অতএব যে দেশের অক্ষাংশ ৬৪।৪৯, এবং দেশান্তর ঘঃ ২।৩০, সেই দেশের ধরাতল আমাদের অপগত প্রাচীরের সমান্তর।

তবে জানা গেল, ধ্রুবপট্ট ২।৩০ ঘণ্টারেখায় বসিবে। কিন্তু উক্ত ঘণ্টারেখা মধ্যাহ্নরেখা হইতে কত অংশ অন্তরে পড়িবে?

$$\text{র স্প} = \frac{\text{অ কোস্প} \times \text{প জ্যা}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{\text{২০।২৮ কোস্প} \times \text{১৫ জ্যা}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{৩৪।৪৪ স্প}$$

অর্থাৎ মধ্যাহ্নরেখা (অবলম্ব-সূত্রে) হইতে ৩৪।৪৪ অংশাদি পশ্চিমে (বামপার্শ্বে) রেখা টানিলে, সেই রেখার উপরে ধ্রুবপট্ট বসিবে (৪১শ চিত্রে দ য রেখার উপরে)।

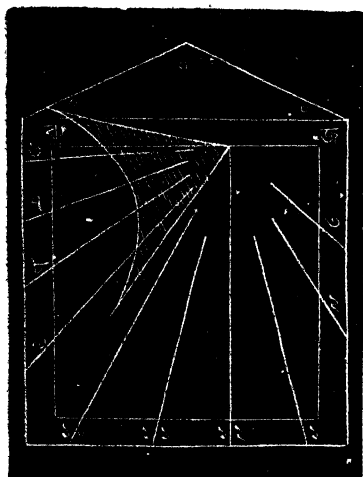
এখন ধ্রুবপট্ট রেখাকে আদি বা ০ কল্পনা করিয়া ঘণ্টারেখান্তর পরিমাণ করিতে হইবে। ১২টা রেখা অবলম্ব-সূত্রে। ঐ সূত্র হইতে ধ্রুবপট্টরেখা কত দূরে? উপরে পাওয়া গিয়াছে, ৩৪।৪৪ অংশাদি পশ্চিম দিকে। ঐ দুই রেখার মধ্যে ঘণ্টান্তর কত? ইহাও উপরে পাওয়া গিয়াছে, ঘঃ ২।৩০। নতঘণ্টাংশ কত? ৩৭।২৮। অতএব ১২টা রেখার নতঘণ্টাংশ ৩৭।২৮। উহার সহিত ১৫ অংশ যোগ করিলে ১টা রেখার, ৩০ অংশ যোগ করিলে ২টা রেখার ইত্যাদি নতঘণ্টাংশ আসিবে। যথা, ৫১ পৃষ্ঠের সূত্র ($\text{ঘস্প} = \frac{\text{অজ্যা} \times \text{নস্প}}{\text{ত্রি}}$, এখানে অ = ৬৪।৪৯) অনুসারে ধ্রুবপট্ট রেখা হইতে

১২টা	রেখার নতঘণ্টাংশ	৩৭।২৮,	ঘণ্টান্তরাংশ	৩৪।৪৪
১টা	,,	৫২।২৮,	,,	৪৯।৪০
২টা	,,	৬৭।২৮,	,,	৬৫।২২
৩টা	,,	৮২।২৮,	,,	৮১।৪১

৪, ৫, ৬টা রেখার নতঘণ্টাংশ ৯০ এর অধিক হওয়াতে এই ঘড়ীতে ঐ ঐ কাল জানিতে পারা যাইবে না।

১১ টা	রেখার নতঘণ্টাংশ	২২।২৮,	ঘণ্টান্তরাংশ	২০।৩১
১০ টা	,,	৭।২৮,	,,	৬।৪৬
(৯।৩০ টা	,,	০,	,,	০)

৯ টা রেখার নতঘণ্টাংশ	১৫।০—৭।২৮=৭।৩২,	ঘণ্টান্তরাংশ	৬।৫০
৮ টা	" ২২।৩২,	"	২০।৩৫
৭ টা	" ৩৭।৩২,	"	৩৪।৪৮
৬ টা	" ৫২।৩২,	"	৪৯।৫৪

এতদনুসারে ৪৩শ চিত্র অঙ্কিত হইয়াছে। উহার কুজ, ক্ষিতিজ বা জলসম রেখা। ১২টা রেখা ঐ রেখার তির্য্যক্। ধ্রুবপট্ট ৯।৩০ টা রেখায়, এবং উহা কুজ রেখা হইতে ঊর্দ্ধদিকে ৬৪।৪৯ অংশ কোণে অবস্থিত। এই যন্ত্র অপগত প্রাচীরের দক্ষিণ পৃষ্ঠের নিমিত্ত নির্ম্মিত হইয়াছিল। উত্তর গাত্রে স্থাপন করিতে হইলে উক্ত চিত্র অপর পৃষ্ঠ হইতে যেমন দেখাইত, যন্ত্রের রূপ তেমনই হইত। এইরূপে, পূর্ব্বাহ্ণ ঘণ্টা-রেখার নাম পরাহ্ণ, এবং পরাহ্ণের নাম পূর্ব্বাহ্ণ হইত।

৪৩শ চিত্র।

আর একটি উদাহরণ দেওয়া যাইতেছে। ঢাকাতে (অক্ষাংশ ২৩।৪৩) কোন ভিত্তি পূর্ব্ব দিক্ হইতে ৪০ অংশ দক্ষিণে অপগত (৪২শ চিত্র)। সেই ভিত্তির দক্ষিণ গাত্রে ঘড়ী স্থাপন করিতে হইবে।

এখানে দেখা যাইতেছে, ঢাকার অক্ষাংশ রবির পরম ক্রান্ত্যংশ অপেক্ষা অধিক। অতএব তথাকার ভিত্তির দক্ষিণ পার্শ্বে বার মাস রৌদ্র পড়িবে। ৪২শ চিত্র হইতে বুঝা যাইতেছে যে, ঘড়ীর মধ্যাহ্ণরেখার পূর্ব্বপার্শ্বে অর্থাৎ পরাহ্ণ ঘণ্টাসকলের মধ্যে কোন স্থানে ধ্রুবপট্ট বসিবে।

ধ্রুবপট্ট অবশ্য ধ্রুবাভিমুখে থাকিবে। এখন প্রথমে ধ্রুবপট্টের কোণ গণনা করা যাউক।

$$\text{অ´জ্যা} = \frac{\text{অ কোজ্যা} \times \text{প কোজ্যা}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{\text{২৩।৪৩ কোজ্যা} \times \text{৪০ কোজ্যা}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{৪৪।৫১ জ্যা।}$$

অতএব ধ্রুবপট্টের কোণ ৪৪।৫১ অংশাদি হইবে। মধ্যাহ্ন-রেখা (অবলম্ব-সূত্রে) হইতে কত অংশ (পূর্ব্ব পার্শ্বে) বসিবে?

$$\text{দে কোস্প} = \frac{\text{অজ্যা} \times \text{প কোস্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \frac{\text{২৩।৪৩ জ্যা} \times \text{৪০ কোস্প}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{৬৪।২৩ কোস্প।}$$

তবে দেশান্তরাংশ ৬৪।২৩ হইবে। ঘণ্টা মিনিটে কত?

ঘঃ ৪।১৭।৩২। মনে কর ঘঃ ৪।১৮। মধ্যাহ্নরেখার পূর্ব্বপার্শ্বে অর্থাৎ পরাহ্ণ ঘণ্টারেখার মধ্যে বলিয়া ধ্রুবপট্ট ৪টা ১৮ মিনিটের রেখায় বসিবে। মধ্যাহ্নরেখা (অবলম্ব-সূত্র) হইতে কত অংশ দূরে বসিবে?

$$\text{র স্প} = \frac{\text{অ কোস্প} \times \text{প জ্যা}}{\text{ত্রি}}$$

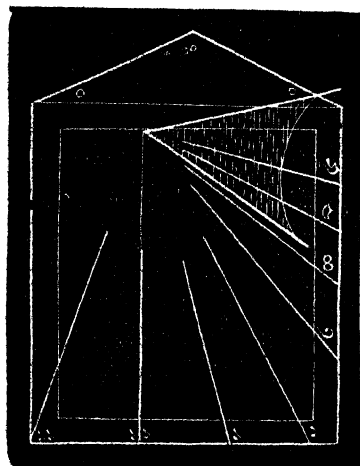
$$= \frac{\text{২৩।৪৩ কোস্প} \times \text{৪০ জ্যা}}{\text{ত্রি}}$$

$$= \text{৫৫।৩৯ স্প।}$$

৫৫।৩৯ অংশাদি পূর্ব্বদিকে বসিবে।

এখন ধ্রুবপট্ট রেখা বা ০ হইতে নতঘণ্টাংশ ও ঘণ্টান্তরাংশ গণনা করিতে হইবে। (ধরাপীঠ নির্ম্মাণ সূত্র দেখ, এখানে অ = ৪৪।৫১)

১২টা রেখার নতঘণ্টাংশ		৬৪।২৩,	ঘণ্টান্তরাংশ	৫৫।৩৯
১১টা	„	৭৯।২৩	„	৭৫।৭
১০টা	„	৯৪।২৩	„	—

অতএব সে ঘড়ীতে পূর্ব্বাহ্ণ ১০টা হইতে ৬টার ছায়া দেখা যাইবে না।

৪৪শ চিত্র।

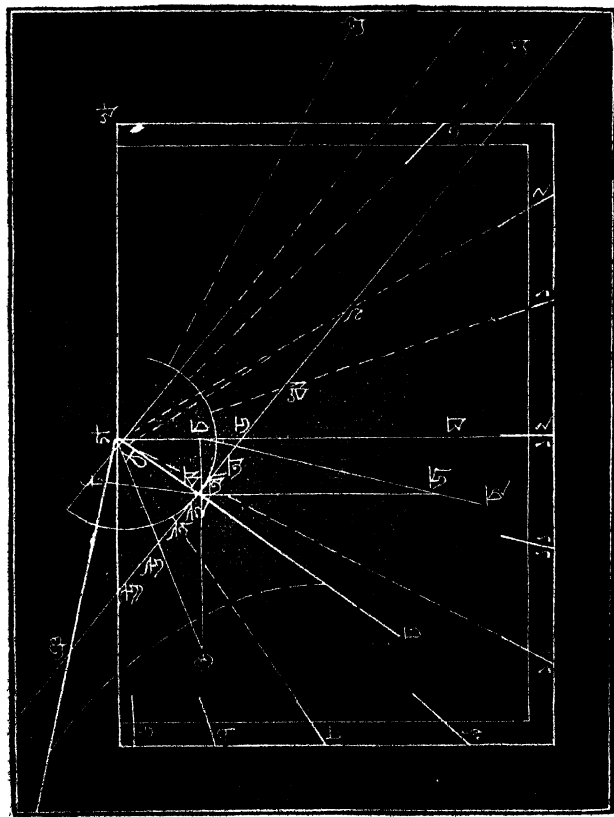
১টা রেখার নতঘণ্টাংশ		৪৯।২৩,	ঘণ্টান্তরাংশ	৩৯।২৬
২টা	„	৩৪।২৩	„	২৫।৪৬
৩টা	„	১৯।২৩	„	১৩।৫৬
৪টা	„	৪।২৩	„	৩।৬
(৪।১৮	„	০	„	০)
৫টা	„	১০।৩৭	„	৭।৩২
৬টা	„	২৫।৩৭	„	১৮।৪১

এতদনুসারে ৪৪শ চিত্র অঙ্কিত হইয়াছে।

রৈখিক ক্রমেও অপগত পীঠ-যন্ত্রের রেখা সকল পাওয়া যাইতে পারে। কিন্তু এস্থলে অনেক রেখা করিতে হয়। তবে দক্ষতা ও সাবধানতার

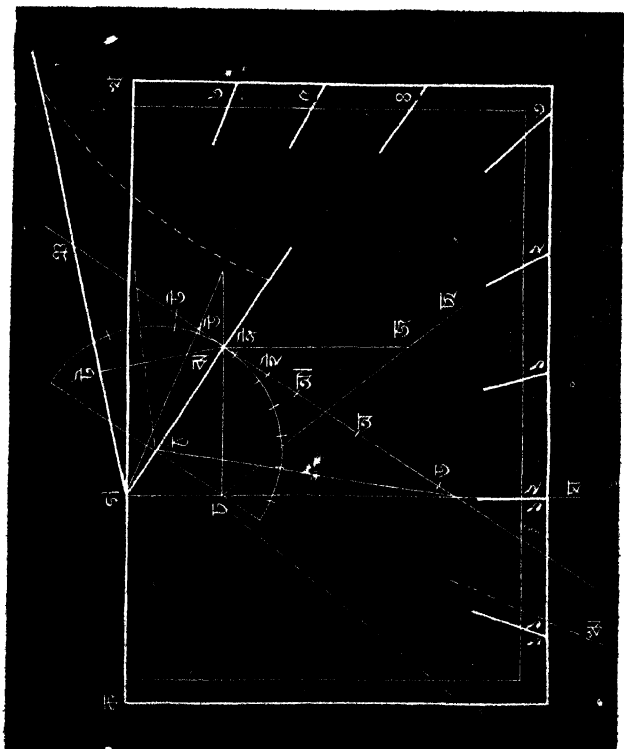
সহিত ঐ সকল রেখা করিলে উহারা গণিতাগত তুল্য হইতে পারে। বিশেষতঃ গণিতের কোন ভুল হইয়াছে কিনা, তাহা জানিবার নিমিত্ত রৈখিকক্রম উপযোগী।

* প্রথম উদাহরণে স্বদেশের অক্ষাংশ ২০ ২৮, এবং ভিত্তি পূর্ব্ব দিক্ হইতে ১৫ অংশ উত্তরে অপগত (৪১শ চিত্র)। অতএব ভিত্তির তির্য্যক্

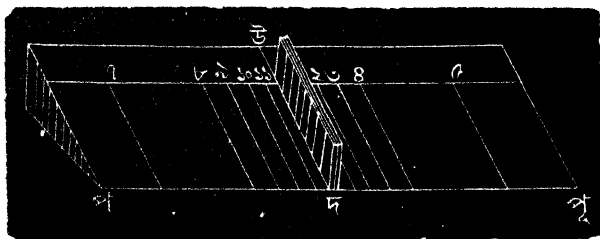
৪২শ চিত্র।

রেখা (দ ১২) মধ্যরেখা (যদ) হইতে ১৫ অংশ পূর্ব্বে অবস্থিত। ৪৫শ চিত্রে কথ কোন ঋজু রেখা (ভিত্তি)। গঘ তাহার তির্য্যক্। চগঙ কোণ=৯০—অক্ষাংশ=৯০—২০।২৮=৬৯।৩২ অংশ কর। ঙচ যোগ কর। ঘচছ ১৫ অংশ (অপগতাংশ)। ঙচ এর সমান করিয়া চজ লও। ঘচ এর সমান্তরে জঝ টান। উহা ঙচ রেখার তির্য্যক্ হইবে। গঝ যোগ কর। গঝট রেখায় ধ্রুবপট্ট বসিবে। ঝ বিন্দু দিয়া গট রেখার তির্য্যক্ ভাবে ঞঝ রেখা করিয়া উভয় দিকে বর্দ্ধিত কর। জঝ এর সমান করিয়া ঝঞ লও। গঞ যোগ কর। ঞগঝ কোণ ধ্রুবপট্টের কোণ হইবে। ঝট, গঞ রেখার তির্য্যক্। ঝট এর সমান করিয়া ঝঠ লও। ঞঝ এবং গঘ রেখাদ্বয় ড বিন্দুতে পরস্পর ছেদন করিয়াছে। ঠড যোগ কর। ঠড কে আদি করিয়া উহার দুই পার্শ্বে পনর পনর অংশ দূরে দূরে কোণ কর। এইরূপে ডঠঅ, অঠআ, আঠই, ডঠঋ ইত্যাদি কোণ করিয়া ঞড রেখায় চিহ্ন দেওয়া গিয়াছে। এখন গ হইতে ঐ সকল চিহ্ন যোগ করিলে গ ৩, গ ২, গ ১, গ ১২, ইত্যাদি ঘণ্টারেখা পাওয়া যাইবে। ক্ষেত্র রচনার সময় দেখা গেল যে, ঠঐ রেখা ঞড রেখার সমান্তর হইল, সুতরাং ঠঐ রেখা ঞড স্পর্শ করিবে না। অতএব জানা গেল এই যন্ত্রদ্বারা পঃ ৪টা, ৫টা, ৬টা পাওয়া যাইবে না। স্থাপনের সময় দেখা আবশ্যক যে, কথ ক্ষিতিজ রেখা অর্থাৎ জলসম হয়, এবং গঘ অবলম্ব-সূত্রে থাকে।

অন্য উদাহরণের নিমিত্ত ৪৬শ চিত্র প্রদর্শিত হইল। এখানে ঙগচ= ৯০—অক্ষাংশ=৯০।০—২৩।৪৩=৬৬।১৭, এবং ডচজ=অপগতাংশ= ৪০।০। ভিত্তি পূর্ব্ব দিক্ হইতে দক্ষিণে অপগত হইলে গঘ রেখার দক্ষিণ পার্শ্বে, এবং উত্তরে অপগত হইলে বাম পার্শ্বে ক্ষেত্র রচনা করিবে। অন্যান্য বিষয়ে কোন প্রভেদ নাই। উভয় যন্ত্রই ভিত্তির দক্ষিণ পৃষ্ঠে স্থাপনের নিমিত্ত আবশ্যক বলিয়া চিত্রের ন্যায় হইল। উত্তর পৃষ্ঠে

স্থাপন করিতে হইলে অবিকল ঐরূপ হইবে, কেবল পূঃ ও পঃ ঘণ্টারেখার নাম ভিন্ন হইবে। দেখা যাইতেছে, অপগত পীঠ যন্ত্রদ্বারা পূর্ব্বাহ্ণ ৬টা হইতে পরাহ্ণ ৬টা পর্য্যন্ত জানিতে পারা যায় না। অপগতাংশ ৯০ হইলে কেবল ছয় ঘণ্টা মাত্র জানা যায়, অর্থাৎ তখন যন্ত্রটি যাম্যোত্তর-পীঠ হয়।

চিত্র ৩৪।

৫§ উৎপীঠ যন্ত্র।

যে ঘড়ীর পীঠ উদ্‌বৃত্তের তলে অবস্থিত, তাহাকে উৎপীঠ বলা যায়। আকাশের ধ্রুবদ্বয় এবং পূর্ব্বাপর বিন্দু দিয়া উদ্‌বৃত্ত অবস্থিত। সুতরাং বিষুববৃত্ত, উদ্‌বৃত্তের তির্য্যকৃবৃত্ত। অতএব উৎপীঠ যন্ত্রের পীঠ ও ধ্রুবযষ্টি

৪৭ চিত্র।

উভয়েই ধ্রুব-রেখার সমান্তরে থাকিবে। যাম্যোত্তর পীঠ যন্ত্রেরও ধ্রুবযষ্টি পীঠের তলে অর্থাৎ সমান্তরে অবস্থিত। উৎপীঠ-যন্ত্রেরও সেইরূপ। সুতরাং উৎপীঠ ও যাম্যোত্তর-পীঠের মধ্যে বিশেষ সাদৃশ্য আছে। যাম্যোত্তর-পীঠ হইতে আয়তাকার ধ্রুবপট্ট বহির্দিকে থাকে, উৎপীঠেও ধ্রুবপট্ট সেইরূপ থাকে। ঘণ্টারেখান্তর আনয়নের নিয়মও অবিকল এক।

(১) গণিত ক্রম। সূত্র

$$ঘ = \frac{উ \times নস্প}{ত্রি}$$

এখানে ঘ = মধ্যাহ্ন-রেখা হইতে ঘণ্টান্তর

উ = ধ্রুবপট্টের উচ্চতা

ন = নতঘণ্টাংশ (১৫, ৩০, ৪৫ ইত্যাদি)

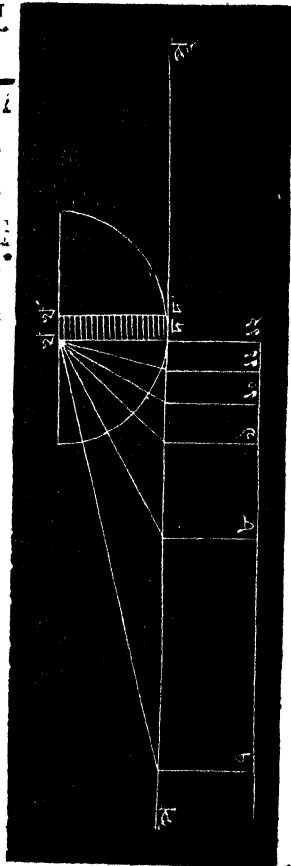
ত্রি = ত্রিজ্যা .

উদাহরণ। ধ্রুবপট্ট ৪ ইঞ্চ উচ্চ। পূর্ব্বে (৫৭ পৃঃ) ঘণ্টান্তর গণিত হইয়াছে। মধ্যাহ্ন-রেখা হইতে পূর্ব্বাহ্ণ ১১টা ও পরাহ্ণ ১টা রেখা ১·০৭

ইঞ্চ, ১০টা ও ২টা রেখা ২·৩১ ইঞ্চ, ৯টা ও ৩টা রেখা ৪ ইঞ্চ, দূরে হইবে (৪৭ চিত্র)।

(২) **রৈখিক ক্রম।** ইহাও অবিকল যাম্যোত্তর পীঠের ন্যায়। সেখানে ৬টা রেখা হইতে, এখানে মধ্যাহ্নরেখা হইতে ঘণ্টারেখান্তর গণিত ও পরিমিত হয়। রৈখিক ক্রম পুনর্ব্বার বর্ণিত হইল। ৪৮শ চিত্রে খদ খ´দ´ ধ্রুবপট্ট, খখ´ তাহার বেধ, খদ উচ্চতা। খ ও খ´ কেন্দ্র ও খদ ব্যাসার্দ্ধ করিয়া দুইটি বৃত্ত-পাদ কর। খদ ও খ´দ´ রেখার তির্য্যক রেখা পপূ টান। উহা বৃত্তপাদদ্বয়ের স্পর্শিনী রেখা। প্রত্যেক পাদ ছয় সমান ভাগে বিভক্ত করিয়া ভাগ-স্থান দিয়া স্পর্শিনী প পূ পর্য্যন্ত ব্যাসার্দ্ধ বিস্তৃত কর। পরে খদ ১২ রেখার সমান্তরে ১১, ১০, ৯, ৮, ৭ রেখা টান। ইহারাই ঘণ্টারেখা। এইরূপ ধ্রুবপট্টের দক্ষিণ পার্শ্বেও হইবে।

৪৮ চিত্র।

নির্ম্মাণ। এই যন্ত্রের পীঠ ও পট্ট, উভয়েই পাথরের কিংবা ইটের গাঁথনির করা চলে। এইরূপে পীঠকে আবশ্যক মত দীর্ঘ করা চলে। যদি পট্ট এক ফুট উচ্চ হয়, তাহা হইলে পূর্ব্বাহ্ণ ৯টা ও পরাহ্ণ ৩টা

রেখা পট্ট হইতে এক ফুট দূরে, পূঃ ৭টা ও পঃ ৫টা রেখা প্রায় ৩ ফুট ৫ ইঞ্চ দূরে পড়িবে। পট্ট এক ফুট উচ্চ ও আধ ফুট স্থূল হইলে সমুদয় পীঠ প্রায় ১৬ ফুট দীর্ঘ করাইতে হইবে। তদ্দ্বারা পূঃ ৬।৹টা ও পঃ ৫॥৹টা পর্য্যন্ত ঘণ্টা, ঘণ্টার্দ্ধ, ঘণ্টাপাদ কিংবা দণ্ড, দণ্ডার্দ্ধ ইত্যাদি প্রদর্শিত হইতে পারিবে। পূঃ ৬টার পূর্ব্বের ও পঃ ৫॥৹টার পরের সময় এতদ্দ্বারা জানা যাইবে না। কারণ সূর্য্যোদয়াস্ত-সময়ে ছায়া অসীম দীর্ঘ হয়। পীঠ ১৬ ফুট দীর্ঘ না করাইয়া পূঃ ৭টা ও পঃ ৫টা রেখাতেই সন্তুষ্ট হইলে চলে। কিংবা পীঠের দুই প্রান্তের কিয়দংশ অল্প উচ্চ প্রাচীরের আকারে করা যাইতে পারে। (পরে বজ্র-শঙ্কু দেখ।)

স্থাপন। প্রথমে মধ্যরেখা ও পূর্ব্বাপর রেখা নিরূপণ করিবে। পীঠ পূর্ব্বাপর রেখার সমান্তরে থাকিবে। দেখা আবশ্যক, উহা উত্তর দিকে অক্ষাংশ তুল্য উন্নত হইয়াছে। এনিমিত্ত পুরু কাগজে বা কাঠের পাতলা পাটায় অক্ষাংশতুল্য কোণ করিয়া লইবে। পরে তাহাকে পীঠের পূর্ব্ব ও পশ্চিম পার্শ্বে রাখিয়া পীঠের উন্নতি পরীক্ষা করিবে। পীঠ প্রস্তুত হইলে তদুপরি মধ্যরেখায় পট্ট প্রস্তুত করাইবে। উহা উচ্চ হইলে, পীঠ দীর্ঘ হইবে। তখন ঘণ্টারেখা কাগজে আঁকা সুবিধা হইবে না। কিন্তু ঘণ্টারেখান্তর গণনা এত সহজ, যে গণিত দ্বারা ঘণ্টারেখা আনয়ন করিতে পারা যাইবে।

ধ্রুব-পট্ট পিত্তলাদির পীঠে বদ্ধ থাকিলে, প্রথমে ভূমি জলসম করিয়া তাহাতে মধ্যরেখা ও পূর্ব্বাপর রেখা নিরূপণ করিবে। তখন পীঠ পূর্ব্বাপররেখায়, এবং ধ্রুবপট্ট মধ্যরেখায় স্থাপন করিয়া দৃঢ়রূপ বদ্ধ করিবে।

উৎপীঠ যন্ত্রের নির্ম্মাণ বুঝা কঠিন নহে। পূর্ব্বে বলা গিয়াছে যে-কোন অক্ষাংশের নিমিত্ত রচিত ধরাপীঠ অন্য অক্ষাংশে ব্যবহার করা যাইতে পারে। শেষোক্ত স্থলে পীঠস্থান শোধন করিয়া লইতে

হয়। মনে কর, কলিকাতার নিমিত্ত রচিত ধরাপীঠ মালদহে স্থাপন করিতে হইবে। ঐ দুই নগরের অক্ষাংশের অন্তর ২।৩। অতএব মালদহে জলসম ভূমিতে কলিকাতার ধরাপীঠযন্ত্র স্থাপন না করিয়া উত্তর দিকে ২।৩ অংশ পরিমিত উচ্চ ভূমির উপর স্থাপন করিলে মালদহের সময় প্রদর্শিত হইবে। ভূমি ঢালু হওয়াতে মালদহে স্থাপিত হইলেও বস্তুতঃ কলিকাতার ক্ষিতিজের সমান্তরে স্থাপিত হইবে। এইরূপ, নতপীঠযন্ত্র নির্মাণ করিবার সময় দেখা আবশ্যক যে, যে ভূমিতে ঘড়ী স্থাপিত হইবে, সে ভূমি কোন্ স্থানের ক্ষিতিজের সমান্তর। শেষোক্ত স্থানের নিমিত্ত নির্মিত হইলেই প্রথমোক্ত নত-স্থানে ঠিক সময় প্রদর্শিত হইবে।

ইহা হইতে নতপীঠ যন্ত্র-নির্মাণের এক সুন্দর নিয়ম পাওয়া যাইতেছে। নিরক্ষ-বৃত্তের নিমিত্ত ধরাপীঠ ঘড়ী কিরূপ হইবে? দেখ, সেখানে ধ্রুবযষ্টি ক্ষিতিজের সমান্তরে থাকিবে। অতএব সেখানে ধ্রুবপট্ট ক্ষিতিজের সমান্তরে রাখিতে হইবে। আরও দেখ, ঘণ্টারেখাগুলি মধ্যাহ্নরেখার দুই পার্শ্বে সমান্তরালে থাকিবে। এই ঘড়ী যে-কোন সাক্ষ দেশে বসাইতে পারা যাইবে। সে দেশের ভূমিকে নিরক্ষদেশের ক্ষিতিজের সমান করিয়া লইতে হইবে। অর্থাৎ ভূমিকে জলসম না করিয়া অক্ষাংশতুল্য উচ্চ করা আবশ্যক হইবে।

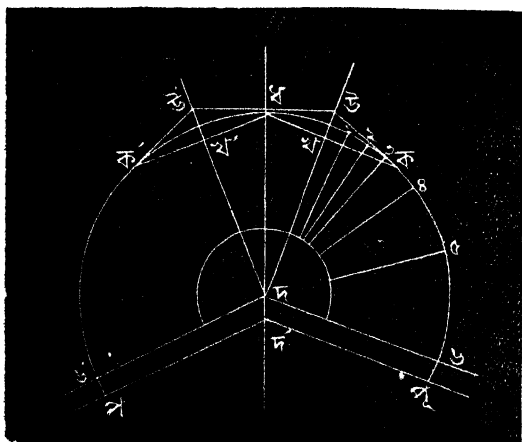
পঞ্চম পরিচ্ছেদ।

কৌতুক-শঙ্কু।

শঙ্কুনির্মাণে প্রয়োজন-সাধন ব্যতীত কৌতুকও হয়। এস্থলে চতুর্থ পরিচ্ছেদে বর্ণিত শঙ্কু সকল লইয়া কয়েকটি কৌতুক শঙ্কু রচনা বলা যাইতেছে। এতন্নিমিত্ত ধাতু প্রস্তরাদির পরিবর্ত্তে পুরু কাগজ (যেমন পাতলা পেষ্টবোর্ড) লইয়া শঙ্কু রচনা করা যাইবে। এই কাগজ ব্যতীত ছুরি কাঁচি এবং কর্কট রেখামান কোণমান প্রভৃতি কয়েকটি যন্ত্র আবশ্যক হইবে। বলা বাহুল্য, এই সকল শঙ্কুর অনুরূপ যন্ত্র ধাতু কিংবা কাঠের নির্ম্মাণ করা যাইতে পারে।

১। কাগজের ধরাপীঠ ও সমপীঠ শঙ্কু।

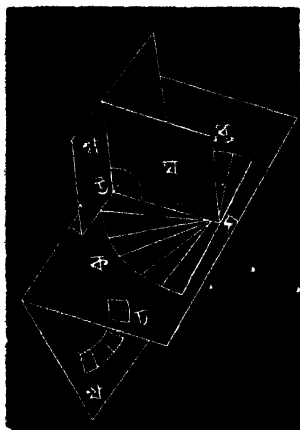
কাগজে দধ একটি রেখা টান (৪৯ চিত্র)। দ কেন্দ্রে এবং দধ কোন

[৪৯ চিত্র।]

ব্যাসার্দ্ধে প র্ক ধ ক পূ এক বৃত্ত কর। দধ রেখার দুই পার্শ্বে দ স্থানে অভীষ্ট অক্ষাংশ-পরিমিত কোণ করিয়া দউ, দউ´ রেখাদ্বয় টান। ঐ দুই রেখার সমকোণে দ হইতে দ৬ দ৬´ রেখাদ্বয় টান। দ কেন্দ্র করিয়া দউ দ৬ দুই তির্য্যক রেখার মধ্যে এক বৃত্ত-পাদ কর। এইরূপ বাম পার্শ্বেও কর। অভীষ্ট স্থানের অক্ষাংশের ধরাপীঠ যন্ত্রের ঘণ্টান্তরাংশ দউ দউ´ হইতে আরম্ভ করিয়া ঐ দুই বৃত্তপাদের পরিধিতে অঙ্কিত কর। এই সকল চিহ্ন দিয়া দ হইতে দ১, দ২, দ৩, দ৪, দ৫ ঘণ্টারেখা টান। এইরূপ বামপার্শ্বেও কর। দ৬ দ৬´ রেখার কিছু দূরে কিন্তু সমান্তরে দ´পূ, দ´প রেখাদ্বয় টান। ধ হইতে দউ, দউ´ রেখাদ্বয়ের সমকোণে ধক, ধর্ক দুই রেখা টান। ধ বিন্দু দিয়া দধ রেখার সমকোণে উ´ধ উ রেখা টান। উক, উ´র্ক যোগ কর।

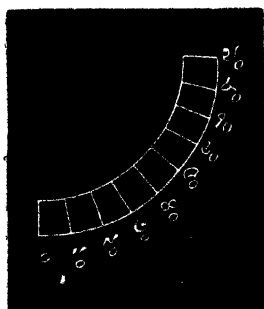
এখন কাঁচি দিয়া প ৬´ র্ক উ´ ধ উ ক ৬ পূ সীমাবদ্ধ কাগজ খানি কাটিয়া লও। দ´দ, উ´খ´, উখ রেখায় কাগজ চিরিয়া দাও। কাগজের উপর পৃষ্ঠে দধ রেখায়, এবং নিম্ন পৃষ্ঠে দউ, দউ´ রেখায় ছুরি দিয়া দাগ দাও। এখন দধ এবং ধর্ক, ধক উপর দিকে, এবং দউ, দউ´ নীচের দিকে ভাঁজ করিলে উধ দউ´ ধ্রুবপট্ট হইবে। উহাকে পীঠে সমকোণে রাখিবার নিমিত্ত খ´উ´, খউ রেখার উভয় পার্শ্বের খধউ, খকউ, এবং খ´ধউ´, খ´র্কউ সমকোণে বাঁকাইয়া আটা দিয়া জুড়িয়া দাও। এইরূপ, ধ্রুবপট্টের দুই পুরু কাগজের মধ্যে আটা লাগাও। স্থাপনের সময় দউ রেখা মধ্য-রেখায় থাকিবে।

দেখা যাইতেছে, দধ রেখার দক্ষিণ পার্শ্বের রেখাগুলি টানিলে, দধ রেখায় কাগজ খানি ভাঁজ করিয়া বাম পার্শ্বের রেখাগুলি পাওয়া যাইবে। সূচ দিয়া দক্ষিণ পার্শ্বের রেখা বাম পার্শ্বে চিহ্নিত করিতে পারিবে।

এই ক্রমে সমপীঠ যন্ত্র নির্ম্মিত হইতে পারিবে।

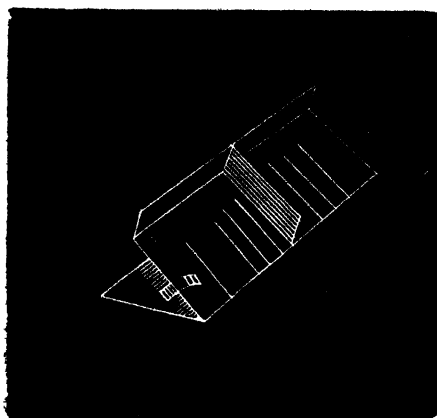
২। কাগজের বিষুবপীঠ ও উৎপীঠ যন্ত্র।

নাড়ীবলয় বা বিষুবপীঠ ঘড়ী রচনা পূর্ব্বে বলা গিয়াছে। সেই মূলতত্ত্ব নানারূপে প্রয়োগ করা যাইতে পারে। যথা, একখানি পোষ্টকার্ড কিংবা তদনুরূপ এক খণ্ড পুরু কাগজ মাঝা মাঝি ভাঁজ কর (৫০ চিত্র)। উপরের ভাঁজের শেষ দিকের মধ্যস্থলে একটা সূচ বা পিন (দধ) কাগজে সমকোণে বিদ্ধ কর। সূচকে কেন্দ্র করিয়া কাগজে এক বৃত্তার্দ্ধ আঁক। পরিধি ১২ সমান ভাগে ভাগ কর। যদি ঐ ভাঁজের মধ্যবর্ত্তী কোণ ৯০—অক্ষাংশ তুল্য হয়, এবং পোষ্টকার্ডের ভাঁজের পাশ মধ্যরেখায় রাখা যায়, তাহা হইলে ঐ সূচী ধ্রুবযষ্টি হইবে এবং তদ্দ্বারা ঘণ্টা অনায়াসে জানা যাইবে।

৫০ চিত্র।

ঐ ঘড়ীকে সকল অক্ষাংশের উপযোগী করিতে হইলে দুই ভাঁজের কোণ পরিমাণ করিবার উপায় থাকা আবশ্যক। এ নিমিত্ত একটা পোষ্ট-কার্ডে দুইটি সমান্তর ছোট বৃত্তপাদ আঁকিয়া, অংশে চিহ্নিত কর (৫১ চিত্র)। বৃত্তপাদদ্বয় কাঁচি দিয়া কাটিয়া লইয়া ঘড়ীর দুই ভাঁজে বিঁধিয়া কোণমান-সরূপ বসাও। এতদ্দ্বারা দুই ভাঁজের কোণ ৯০—অক্ষাংশ করিতে পারা

৫১ চিত্র।

যাইবে। অতএব এই ঘড়ীকে পৃথিবীর সর্ব্বত্র ব্যবহার করা যাইতে পারিবে।

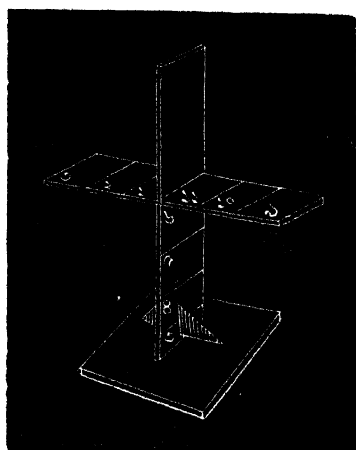
সূচ বা পিন নড়িয়া যাইতে পারে। অতএব অন্য উপায় কর। দধ পরিবর্ত্তে পোষ্টকার্ড হইতে ঘ চিহ্নিত কাগজ টুকরার ন্যায় আয়তাকার কাগজ কাট। ভাঁজের উপর পৃষ্ঠে মধ্যাহ্নরেখায় বিঁধিয়া বা আটা দিয়া আঁট। উহাকে স্বস্থানে রাখিবার নিমিত্ত উহার উত্তর দিকে দুই ভাঁজের নিকটে গ চিহ্নিত কাগজখানি আঁট। এখন ঘ আর হেলিয়া পড়িবে না (৫০ চিত্র)।

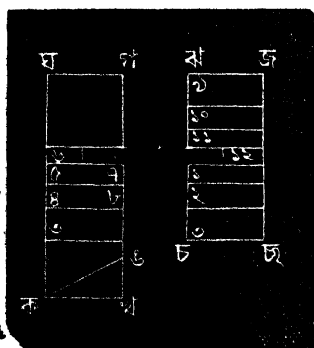
এই যন্ত্রকে কিঞ্চিৎ পরিবর্ত্তন করিলে উৎপীঠ যন্ত্র হইবে (৫১ চিত্র)।

৫২ চিত্র।

এনির্মিত পোষ্টকার্ড-খানি লম্বা দিকে দুই ভাঁজ কর। ভাঁজের কোণ মাপিবার নিমিত্ত কাগজের অংশাঙ্কিত চক্রপাদ আঁট। এস্থলে ভাঁজের কোণ অক্ষাংশতুল্য করিয়া রাখ। উপর পৃষ্ঠের মধ্যস্থলে আধ ইঞ্চ উচ্চ আয়তাকার কাগজ কাটিয়া তাহাকে ধ্রুবপট্ট কর। ধ্রুবপট্ট আধ ইঞ্চ উচ্চ ধরিয়া উহার দুই পার্শ্বে ঘণ্টারেখা আঁক। ভাঁজের কোণ পূর্ব্বাপর রেখায় এবং কোণের পাশ মধ্যরেখায় থাকিবে।

৩। কাগজের বজ্র শঙ্কু।

পাট শণ পাকাইবার ঢেরার আকার বজ্রের মত। হীরার এক নাম বজ্র আছে। স্বাভাবিক আকারের হীরার কোণ দেখিয়া বজ্রাকার শঙ্কুর

উৎপত্তি।) এইরূপ আকারে শঙ্কু করা যাইতে পারে (৫৩ চিত্র)। পূর্ব্বপশ্চিমমুখী দুইটি এবং উৎপীঠ একটি,—এই তিনটি যন্ত্র যোগে বজ্রাকার শঙ্কুর উৎপত্তি।

৫৩ চিত্র।

এনিমিত্ত পেষ্টবোর্ড কাগজের একখানি ৬ ইঞ্চ লম্বা ৩ ইঞ্চ চওড়া, অন্য একখানি ৯ ইঞ্চ লম্বা ৩ ইঞ্চ চওড়া দুইখানি দীর্ঘ আয়ত কাট (৫৪ চিত্রে কখগঘ, চছজঝ)। দুইখানি কাগজকে উপরে উপরে রাখিয়া সমান দিক হইতে ৩ ইঞ্চ দূরে মাঝামাঝি অর্দ্ধেক কাট। এখন দুইখানিকে ঢেরার আকারে সমকোণে আঁটিয়া দাও। উপরে যত খানি থাকিবে, তাহাকে উৎ-

৫৪ চিত্র।

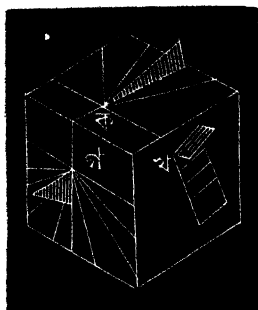
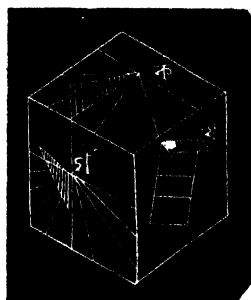
পীঠ ঘড়ীর ধ্রুবপট্ট মনে কর। তাহাকে মাপিয়া (চছ, জঝ) দুই বাহুর

উপর পৃষ্ঠে ঘণ্টারেখা আঁক। তেমনই ঐ দুই বাহুকে পূর্ব্ব ও পশ্চিমমুখী ঘড়ীর ধ্রুবপট্ট মনে করিয়া বাহুর নিম্নভাগের পদের (কখগঘ) দুই পৃষ্ঠে ঘণ্টারেখা আঁক। দুই বাহুতে ও পদে ৪৫ অংশ বা তিন ঘণ্টা পর্য্যন্ত আঁকিবে। ইহার অধিক আবশ্যক নাই (৫৩ চিত্র দেখ)। যেহেতু দুই বাহুতে পূঃ৯টা হইতে পঃ৩টা পর্য্যন্ত, এবং পদের পূর্ব্ব পার্শ্বে পূঃ ৬টা হইতে ৯টা, এবং পশ্চিম পার্শ্বে পঃ ৩টা হইতে ৬টা পর্য্যন্ত ছায়া পাইবে। এখন পদের নিম্নভাগ স্বদেশের অক্ষাংশ পরিমিত করিয়া কাটিয়া দাও (৫৪ চিত্রে ক খ ঙ)। অন্য একখানি আয়তাকার বা ত্রিকোণাকার পেষ্ট-বোর্ডের আধারে আঁটিয়া বসাও।

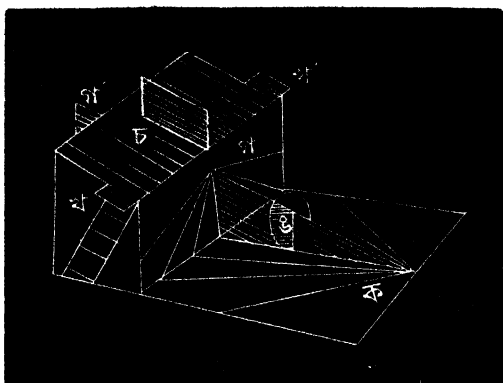
এই যন্ত্রকে সকল স্থানের পক্ষে উপযোগী করিতে হইলে ৫০ কিংবা ৫২ চিত্রের আকারে পেষ্ট-বোর্ড ভাঁজ করিয়া একটি আধার কর। দুই ভাঁজের কোণ জানিবার নিমিত্ত ৫১ চিত্রের তুল্য অংশাঙ্কিত চক্রপাদ আঁট। ঐ কোণ স্বদেশের অক্ষাংশ পরিমিত করিলেই শঙ্কু নির্ম্মিত হইবে।

বজ্রাকার শঙ্কু দেখিতে সুন্দর। এইরূপ আকারে ধাতু পাথর কাঠ প্রভৃতির স্থায়ী শঙ্কু করা যাইতে পারে। পিতলের করিলে আধারে কবজা লাগাইয়া ঐ যন্ত্রকে অভীষ্ট অক্ষাংশে ব্যবহার করা যাইতে পারে। একটি চুম্বক-শলাকা বা চুম্বক-ধর্ম্মাক্রান্ত কাপড় সেলাইর সরু সূচ সূতা দিয়া শঙ্কুর শিরঃ হইতে নীচে ঝুলাইয়া রাখিলে মধ্যরেখা অনায়াসে নিরূপিত হইবে। বলা বাহুল্য, এই শঙ্কুর পদ মধ্যরেখায় স্থাপন করিতে হইবে। যাম্যোত্তর শঙ্কুর দোষ এই যে, রেখান্তরাংশ ৪৫ অংশ (বা তিন ঘণ্টার) পর অত্যন্ত বৃদ্ধি পায়। কাজেই ধ্রুবপট্ট উচ্চ করিলে পীঠ অত্যন্ত দীর্ঘ করিতে হয়। ধ্রুবপট্ট উচ্চ না করিলে ঘণ্টারেখা নিকটে নিকটে পড়ে, তখন ঘণ্টার্দ্ধ বা ঘণ্টাপাদ চিহ্ন করিবার স্থান হয় না। কিন্তু বজ্রাকার শঙ্কুর ঐ দোষ নাই।

৪। পঞ্চ-শঙ্কু ও সপ্ত-শঙ্কু।

পূর্ব্বে যাম্যোত্তর-পীঠ, সম-পীঠ, ও ধরা-পীঠ শঙ্কু বর্ণিত হইয়াছে। দেখা গিয়াছে, সমপীঠ যন্ত্রের উত্তর ও দক্ষিণ মুখ একেরই দুই পার্শ্ব।

৫৫ চিত্র।

৫৬ চিত্র।

যাম্যোত্তর-পীঠ যন্ত্রেরও পূর্ব্ব ও পশ্চিম মুখ, একেরই দুই পার্শ্ব। ৫৫, ৫৬ চিত্রে গ, গ´ দুইটী যাম্যোত্তর, খ, খ দুইটি সম, ও ক, ক´ একটি ধরাপীঠ পেষ্ট-বোর্ড কাগজ দ্বারা বাক্সের আকারে নির্ম্মিত হইয়াছে।

ঐ পঞ্চবিধ শঙ্কু ব্যতীত বিষুব ও উৎপীঠ নামক দ্বিবিধ যন্ত্র পূর্ব্বে বর্ণিত হইয়াছে। ৫৭ চিত্রে এই সপ্তবিধ শঙ্কু একত্র প্রদর্শিত হইল। ক ধরাপীঠ, খ, খ´ যাম্যোত্তর-পীঠ, গ, গ´ সমপীঠ, ঙ বিষুব-পীঠ, চ উৎপীঠ যন্ত্র।

৫৭ চিত্র।

এক্ষণে পাঠককে শঙ্কু নির্মাণে আনন্দ উপভোগ করিতে দিয়া পুস্তক সমাপ্ত করা গেল।

পরিশিষ্ট।

১। যন্ত্র নির্ম্মাণ বিষয়ে সঙ্কেত।

পূর্ব্ববর্ণিত যন্ত্রসকল ব্যবহারোপযোগী ও স্থায়ী করিতে হইলে উহাদিগকে কাংসা পিত্তলাদি ধাতু, শ্লেট, বেলে ও মার্বেল পাথর, ইট শুরকি চুন প্রভৃতি দ্বারা নির্ম্মাণ করা আবশ্যক। উহাদের অভাবে শাল কিম্বা শেগুন কাঠেরও করা যাইতে পারে। কাঁসা ঢালাই করিয়া কিংবা পিতলের পুরু চাদর কাটিয়া প্রস্তুত হইতে পারিবে। প্রথমে ধ্রুবপট্ট কিছু বড় করিয়া পরে ঘষিয়া আবশ্যক মত পরিমাণের করিবে; পীঠ ও ধ্রুবপট্ট পৃথক নির্ম্মাণ করিয়া ইস্ক্রুপ দিয়া আঁটিয়া দিবে। এনিমিত্ত ধ্রুবপট্ট পুরু হওয়া আবশ্যক। কলিকাতায় পেষ্টবোর্ডের কাগজের মত পুরু দস্তার চাদর পাওয়া যায়। দস্তা বৃষ্টি বায়ুতে শীঘ্র নষ্ট হয় না।

বঙ্গদেশে পাথর দুর্লভ। পাথরের পরিবর্ত্তে ইট চুন শুরকি আছে। সকল যন্ত্রেরই পীঠ ইট শুরকির করা যাইতে পারে। উপরে চুন ও 'সিমেণ্ট' মাটির লেপ দিলে বহুকাল চলিবে। 'সিমেণ্ট' মাটির সহিত সরু শাদা বালি মিশাইয়া লেপ দিলেও শক্ত হয়, কিন্তু রঙ্গ কাল হয়। শক্ত হইয়া গেলে শাদা তেল-রঙ্গ মাখাইয়া শাদা করিতে পারা যায়। শুকাইবার পূর্ব্বে ধ্রুবপট্ট বদ্ধ করিতে হইবে। সেই পীঠের উপর দস্তা, পিতল, লোহা, পাথর প্রভৃতির ধ্রুবপট্ট স্থাপন করা চলিবে। আকারে ছোট হইলে শ্লেট কিংবা পাথরের থালা কাটিয়াও ধ্রুবপট্ট করা চলে।

পিতলের সূর্য্যঘড়ীতে কোন প্রকার স্থায়ী রঙ্গ না মাখাইলে উহা বায়ুতে ক্রমশঃ কৃষ্ণবর্ণ হয়। কৃষ্ণবর্ণের উপর কৃষ্ণবর্ণ ছায়া দেখায় সুবিধা হয় না। এখানে কয়েক প্রকার রঙ্গের উল্লেখ করা যাইতেছে। প্রথমে পিতলকে উত্তমরূপে ঘষিয়া নির্ম্মল করিতে হইবে। কাঠের

কয়লা ও তেঁতুল দিয়া ঘষিলে পিতল সহজে পরিষ্কৃত হয়। তার পর ভাল জলে ধুইয়া জল মুছিয়া কয়লার আগুনের উপর ধরিবে। হাত-সওয়া গরম হইলে পাট বা শণের তুলি দ্বারা রঙ্গ লাগাইবে। রঙ্গের উপর রঙ্গ ঘষিবে না। কারণ দাগ পড়িবে।

(১) পাঁচ ছটাক সুরাসারে (মিথিলেটেড স্পিরিট অভ ওয়াইন), সিকি ছটাক হলুদ গুঁড়া, ।০ আনা লটকন রঙ্গ, ।০ আনা জাফ্রান একটা বোতলে রাখিয়া এক সপ্তাহ মধ্যে মধ্যে নাড়িয়া দিবে। পরে সরু কাপড়ে ছাঁকিয়া অন্য এক বোতলে ঢালিবে। এই বোতলে দেড় ছটাক পাত-গালা (লাক্ষা) ফেলিয়া দুই সপ্তাহ মধ্যে মধ্যে নাড়িয়া দিবে। এতদ্দ্বারা পিতলে হরিদ্রাবর্ণ রঙ্গ হইবে। হলুদ, লটকন, জাফ্রান না দিলে বর্ণহীন লেপ হইবে। অভাবে বাজারের 'ফ্রেঞ্চ পালিশ' লাগাইলেও চলে। ঘষাঘষি না পাইলে এই রঙ্গ অনেক কাল থাকিবে। লোহার উপরে কোন প্রকার রঙ্গ না দিলে আদৌ চলিবে না। কাল 'জাপান বার্ণিশ' বাজারে পাওয়া যায়। লোহাংশে ঐ বার্ণিশ লাগাইয়া দিলে বৃষ্টি বাত্যায় কিছু ক্ষতি হইবে না। ঐ বার্ণিশের অভাবে আল্‌কাতরা আছে। আল্‌কাতরা যত ঘন, তত ভাল। তারপিন তেল দিয়া উহাকে পাতলা করিয়া লইবে। ধ্রুবপট্টের রঙ্গ কাল হইলে অসুবিধা নাই। পীঠে মসিনার 'পাকা' তেল ও মেটে সিন্দূরের রঙ্গ মাখান যাইতে পারে। শাদা করিবার নিমিত্ত মসিনার পাকা তেল ও 'জিঙ্ক হোআইট' নামক শাদা রঙ্গ মাড়িয়া সিন্দূরের লেপের উপর লাগাইবে। এই রঙ্গ বিকৃত হয় না। রঙ্গ লাগাইবার পূর্ব্বে লোহার গায়ের মড়িচা ছাড়ান কর্ত্তব্য নয়।

ইটের গাঁথনি শাদা করিতে সর্ব্বপরিচিত খুলী চূন (১ ভাগ) ও নদীর শাদা বালি (২ ভাগ) আছে।

কাঠের উপরে রঙ্গ না দিলে কাঠ শীঘ্র নষ্ট হয়। মসিনার 'পাকা'

তেল, সফেদা, তারপিন তেল, এই কয়েকটি জিনিষ দ্বারা শাদা রঙ্গ প্রস্তুত হয়। কাঠের উপর তিন চারি লেপ দিতে হইবে। তুঁত্তের জলে ভিজাইয়া লইলে কাঠ সহজে নষ্ট হয় না। পুরু করিয়া গর্জ্জন তেল মাখাইলেও কাঠ ও লোহা বহুকাল অবিকৃত থাকে। তিন চারি লেপ দিবে। এক লেপ শুকাইলে অন্য লেপ দিবে।

কাঁসা পিতল ও লোহার পীঠে ঘণ্টারেখা বাটালির ঘা মারিয়া করা যাইতে পারে। কিংবা ২ ভাগ জলে ১ ভাগ নাইট্রিক অম্ল মিশাইয়া তাহাকে কালী মনে করিয়া কঞ্চির বা হাঁসের কলমে লিখিয়া দিলে ঐ অম্ল দ্বারা পিতল ক্ষয় পায়। একবার লাগাইলে দাগ গভীর হইবে না। আল্‌কাতরার সহিত মোম গলাইয়া, ঈষৎ তপ্ত পীঠে মাখাইয়া লইবে। শীতল হইলে ছুরি বা মোটা স্চ দিয়া ঐ রঙ্গে লিখিবে। এই রূপে নীচের ধাতু-পৃষ্ঠ বাহির হইবে। তখন উক্ত অম্ল লাগাইয়া দিবে।

পাথরের পীঠে পাথরের ধ্রুবপট্ট আঁটিতে হইলে টাটকা খুলী চূন হাঁসের ডিমের শাদা লালার সহিত মিশাইয়া অবিলম্বে লাগাইবে। এতদ্দ্বারা পাথরে লোহা পিতল প্রভৃতিও জুড়িতে পারা যায়।

২। সারণীর বিবৃতি।

ক। অক্ষাংশ ও দেশান্তর।

এখানে আসাম উৎকল ছোটনাগপুর বঙ্গ ও বিহার এই কয়েক প্রদেশের নগরের এবং ভারতবর্ষের অন্যান্য প্রদেশের কয়েকটি প্রধান প্রধান স্থানের অক্ষাংশ ও কলিকাতা হইতে দেশান্তর মিনিট লিখিত হইয়াছে। বঙ্গদেশে ঠিক উত্তর দক্ষিণে স্থিত কোন দুই স্থানের অন্তর ৬৮·৮ মাইলে উহাদের অক্ষে ১ অংশ মাত্র প্রভেদ পড়ে। অর্থাৎ প্রায় ৮ মাইলে ৭ কলা পড়ে। ইহা হইতে স্বগ্রামের অক্ষাংশ অনায়াসে

গণিত হইতে পারিবে। বস্তুতঃ অক্ষাংশে ৬।৭ কলা প্রভেদ থাকিলেও শঙ্কুদর্শিত কালের প্রভেদ ধরা প্রায় যাইবে না।

দেশান্তর পূর্ব্ব পশ্চিমে গণিত হয়। এখানে সারণীতে কলিকাতা ভূমধ্যরেখায় অবস্থিত মনে করা গিয়াছে। কলিকাতার পূর্ব্বস্থিত স্থান-সমূহের দেশান্তরে ধনচিহ্ন (+), এবং পশ্চিমস্থিত স্থান-সমূহের দেশান্তরে ঋণচিহ্ন (−) যোগ করা গিয়াছে। বলা বাহুল্য, এই সারণী হইতে যে-কোন দুই স্থানের দেশান্তর অবগত হইতে পারা যাইবে। যথা, কলিকাতা হইতে মান্দ্রাজের ও কটকের দেশান্তর মিনিট যথাক্রমে—৩৩ ও—১০; অতএব মান্দ্রাজ হইতে কটকের দেশান্তর ২৩ মিনিট। বঙ্গদেশে ঠিক পূর্ব্ব-পশ্চিমস্থিত কোন দুই স্থানের অন্তর ১৬ মাইল হইলে দেশান্তরে প্রায় ১ মিনিটের প্রভেদ হয়।

দেশান্তর জানা থাকিলে এক স্থানের নিমিত্ত গণিত তিথ্যাদি অন্য স্থানের নিমিত্ত শোধিত করিতে পারা যায়। মনে কর, কলিকাতার কোন পঞ্জিকায় কোন দিন অষ্টমী তিথির স্থিতি পূর্ব্বাহ্ণ ঘঃ ১১।৪২ পর্য্যন্ত লিখিত আছে। শ্রীহট্টে (দেশান্তর+১৪ মিঃ) কত হইবে? যখন কলিকাতায় ১১।৪২ টা বাজিবে, তখন শ্রীহট্টে ১১ ঘঃ ৪২+১৪ মিঃ অর্থাৎ ১১ ঘঃ ৫৬ মিঃ হইবে। অতএব শ্রীহট্টের ঘড়ীতে সে দিন অষ্টমী স্থিতি ১১ ঘঃ ৫৬ মিঃ জানা গেল। এইরূপে নক্ষত্র ও যোগ স্থিতি ও চন্দ্র গ্রহণ কাল জানিতে পারা যায়। কিন্তু কোন স্থানের সূর্য্যোদয়াস্ত ও সূর্য্য-গ্রহণ কাল পাওয়া যাইবে না। এখানে এতদ্বিষয় বর্ণনা করা অনাবশ্যক।

পূর্ব্বে ভারতবর্ষের রেলের গাড়ীর ঘড়ীতে মান্দ্রাজের ঘড়ীর সময় রাখা হইত। কএক বৎসর হইল রেলের ঘড়ীতে মান্দ্রাজের সময় না রাখিয়া লণ্ডনের সময় অপেক্ষা ৫।০ ঘণ্টা বেশী সময় রাখার ব্যবস্থা হইয়াছে। এই রেলের ঘড়ীর সময়কে ভারতবর্ষের সাধারণ সময় বলিতে পারা যায়। কলিকাতার ঘড়ীর অপেক্ষা রেলের ঘড়ী ২৪ মিনিট (বা ১ দণ্ড)

বিলম্বে চলে। অর্থাৎ যখন রেলের ঘড়ীতে ১২টা, তখন কলিকাতার ঘড়ীতে ১২টা ২৪ মিনিট হইয়া থাকে।

খ। কাল-সমীকরণ সারণী।

পূর্ব্বে (১৬ পৃঃ) কাল-সমীকরণের অর্থ বলা গিয়াছে। সারণীতে ইংরাজি তারিখ ধরিয়া কাল-সমীকরণ লিখিত হইয়াছে। কারণ বাঙ্গলা মাসের দিবসের সংখ্যায় প্রভেদ হয়। ঐ সারণীতে যে যে তারিখে যত মিনিট কাল-সমীকরণ লিখিত হইয়াছে, ধনঋণ চিহ্ন অনুসারে সূর্য্য ঘড়ীর কালে তত মিনিট যোগ বা বিয়োগ করিলে বিলাতী ঘড়ীর কাল হইবে। যথা, ১ জানুয়ারি সূর্য্য ঘড়ীতে যখন ১১টা দেখাইবে, তখন বিলাতী ঘড়ীতে ১১টা+৩ মিনিট, এবং ২ অক্টোবর তখন ১১টা—১৫মিঃ—১০টা ৪৫ মিঃ হইবে। যে সকল তারিখের কাল-সমীকরণ লিখিত হইল না, সে সকল তারিখের নিমিত্ত তাহাদের পূর্ব্ব তারিখের কাল-সমীকরণ লইবে। যথা, ২০ মার্চের কাল-সমীকরণ +৮ মিনিট। বলা আবশ্যক, কালান্তরে কাল-সমীকরণের পরিমাণে প্রভেদ ঘটে।

শঙ্কু দর্শিত কালে কাল-সমীকরণ ধন ঋণ না করিলে মধ্যম-কাল আসে না। পনের ষোল বৎসর হইল মেজর জেনেরেল অলিভর লজ নামক এক ব্যক্তি এমন এক শঙ্কু নির্ম্মাণ করিয়াছেন, যাহার ধ্রুব-যষ্টি কাল-সমীকরণ ধন ঋণ করিয়া একবারে মধ্যম কাল প্রদর্শন করে। এরূপ যন্ত্র নির্মাণ করা সাধারণ পাঠকের সাধ্য নহে। এই হেতু এ বিষয়ের উল্লেখ করিয়াই ক্ষান্ত হওয়া গেল।

সূর্য্যোদয়াস্ত ঘণ্টা মিনিট জানিলে কাল-সমীকরণ অনায়াসে গণিত হইতে পারে। অনেক পঞ্জিকায় ঘণ্টা মিনিটে সূর্য্যের উদয়াস্ত লিখিত থাকে। এ নিমিত্ত সূর্য্যোদয় হইতে ১২টা পর্য্যন্ত যত ঘণ্টা মিনিট, তাহাকে পূর্ব্বাহ্ন ঘণ্টাকাল, এবং ১২টা হইতে সূর্য্যাস্ত পর্য্যন্ত পরাহ্ন ঘণ্টা-

কাল বল। ঐ দুই কালের অন্তরার্দ্ধ=কাল-সমীকরণ। পূর্ব্বাহ্ন ঘণ্টা-কাল অধিক হইলে কাল-সমীকরণ ঋণ, উন হইলে ধন। যথা, ১৩০৯ সালের গুপ্তপ্রেস পঞ্জিকায় ২৫ সেপ্টম্বর সূর্য্যোদয় ঘঃ ৫।৫২, সূর্য্যাস্ত ঘঃ ৫।৫২। অতএব ১২।০—৫।৫২=৬।৮ পূর্ব্বাহ্ন ঘণ্টা মিনিট। ৫।৫২ পরাহ্ণ ঘণ্টা মিনিট। উভয়ের অন্তর ১৬ মিঃ, উহার অর্দ্ধ ৮ মিঃ ঐ দিবসের কাল-সমীকরণ। পূর্ব্বাহ্ন ঘণ্টাকাল অধিক হওয়াতে—৮মিঃ জানা গেল।

গ। জ্যাদি সারণী।

এই সারণীতে প্রতি অংশার্দ্ধের জ্যা (sine), কোটিজ্যা (cosine), স্পর্শিনী (tangent), কোটিস্পর্শিনী (co-tangent), পূর্ণজ্যা (chord), ও কোটি-পূর্ণজ্যা (co-chord) লিখিত হইয়াছে। ঐ সকল সংজ্ঞার অর্থ নিমিত্ত ৫৮ চিত্র দেখ। দ কেন্দ্র এবং দ উ ব্যাসার্দ্ধ করিয়া প উ পূ একটি বৃত্ত করা গিয়াছে। প পূ রেখা, দ উ রেখার তির্য্যক অর্থাৎ সমকোণে অবস্থিত। অতএব প উ এবং উ পূ দুইটি বৃত্তপাদ। মনে কর, উ অ কোন চাপ। ঐ চাপের কোটি পূ অ,

৫৮ চিত্র

ঐ চাপের জ্যা অ আ, কোটির জ্যা (সংক্ষেপে কো-জ্যা) অ ই, স্পর্শিনী (স্প) উ ক, কোটির স্পর্শিনী (কো-স্প) পূ খ, পূর্ণজ্যা উ অ, কোটির পূর্ণজ্যা পূ অ রেখা। দেখা যাইবে, দ উ ব্যাসার্দ্ধ যত বড় হইবে, ঐ সকল রেখার দৈর্ঘ্যও তত অধিক হইবে। ঐ ব্যাসার্দ্ধের নাম ত্রিজ্যা। যে রেখাকে এখানে জ্যা বলা গেল, বাস্তবিক তাহা জ্যার্দ্ধ। কিন্তু আমাদের গণিতে জ্যার্দ্ধ বুঝাইতে কেবল জ্যা শব্দ প্রযুক্ত হয়। ইহা হইতে প্রভেদ করিবার নিমিত্ত পূর্ণজ্যা বলা আবশ্যক। ত্রিজ্যা নির্দ্দিষ্ট হইলে, চাপের হ্রাসবৃদ্ধি অনুসারে তাহার সম্মুখবর্ত্তী কোণেরও হ্রাসবৃদ্ধি হয়। উ অ চাপের সম্মুখবর্ত্তী কোণ উ দ অ। এইরূপে কোন চাপের জ্যা প্রভৃতি তৎ চাপসম্মুখী কোণেরও জ্যা প্রভৃতি হয়।

সারণীতে ত্রিজ্যা ১০০ ধরা গিয়াছে। দেখা যাইবে, একাদিক্রমে ৯০ অংশ পর্য্যন্ত জ্যাদি লিখিত হয় নাই। কারণ ৪৫ অংশ পর্য্যন্তের জ্যাদি জানিলেই অন্যান্য অংশের জানিতে পারা যায়। দেখা যায়, কোন চাপের জ্যা যাহা, তাহার কোটির কোটিজ্যাও তাহা। উ অ চাপের জ্যা অ আ; উহার কোটি পূ অ, এই কোটির কোটি উ অ; অতএব উ অ জ্যা = উ অ জ্যা। অর্থাৎ অ অংশের জ্যা = ৯০ − অ অংশের কো-জ্যা। স্পর্শিনী ও কোটিস্পর্শিনী, এবং পূর্ণজ্যা ও কোটিপূর্ণজ্যার পরস্পর সম্বন্ধ তেমনই।

০ অংশ হইতে ৪৫ অংশ পর্য্যন্ত উপর হইতে নীচের দিকে বাম পার্শ্বের, এবং ৪৫ অংশ হইতে ৯০ অংশ পর্য্যন্ত নীচে হইতে উপরদিকে দক্ষিণ পার্শ্বের অংশানুক্রম গ্রহণ করিতে হইবে। যথা, ৩৬ অংশের জ্যা ৫৮·০৭, কো-জ্যা ৮১·৪১, ইত্যাদি। ৪৬ অংশের জ্যা ৭১·৯৩, কো-জ্যা ৬৯·৪৭, স্প ১০৩·৬, কো-স্প ৯৬·৫৭, পূর্ণজ্যা ৭৮·১৫, কো-পূর্ণজ্যা ৭৪·৯২।

তেমনই কোন চাপ কিংবা কোণের জ্যা বা অন্য কোন রেখার দৈর্ঘ্য বলিলে, এবং ত্রিজ্যা জানা থাকিলে সেই চাপ বা কোণের অংশাদি

বলিতে পারা যায়। যথা, কোন কোণের জ্যা ৪২·২৬। উহার কোণাংশ কত? উত্তর, ২৫। কোন কোণের স্প ১৭৩·২। কোণাংশ কত? উত্তর, ৬০। অবশ্য এসকল স্থলে ত্রিজ্যা ১০০ ধরা গিয়াছে।

জ্যাদি সারণীতে ৩০ কলা পর্যাস্ত আছে। অনুপাত দ্বারা অন্যান্য কলা বিকলার জ্যাদি পাওয়া যাইবে। যথা, ২২।৪৬ অংশাদির জ্যা কত? সারণীতে ২২।৩০ অংশাদির জ্যা ৩৮·২৭, ২৩ অংশের ৩৯·০৭। উভয়ের অন্তর ৩০ কলা, জ্যার অন্তর ০·৮০। ২২।৩০ অপেক্ষা ২২।৪৬, ১৬ কলা অধিক। এখন অনুপাত কর। যদি ৩০ কলায় ০·৮০ হয়, ১৬ কলায় কত? উত্তর ০·৪৩। ২২।৩০ অংশাদির জ্যা অপেক্ষা ২৩ অংশের জ্যা অধিক; অর্থাৎ এখানে জ্যা বর্দ্ধিষ্ণু। সুতরাং ২২।৩০ অংশাদির জ্যা ৩৮·২৭ এর সহিত ০·৪৩ যোগ করিলে ২২ ৪৬ অংশাদির জ্যা ৩৮·৭০ হইবে। এই-রূপে গণনা করিলে ২২।৪৬ অংশাদির কো-জ্যা ৯২·২১, স্প ৪১·৯৭, কোস্প ২৩৮·২৮, পূর্ণজ্যা ৩৯·৪৭, কো-পূর্ণজ্যা ১১০·৭৩ পাওয়া যাইবে। দেখা যাইবে, এখানে কো জ্যা, কো-স্প, কো-পূর্ণজ্যা ক্রমশঃ ক্ষীণ হইয়াছে। সুতরাং ২২।৩০ অংশাদির কো-জ্যা প্রভৃতি অপেক্ষা ২২।৪৬ অংশাদির উন হইবে।

কোন চ.প বা কোণের স্প ৯·০২। অংশ কত? সারণীতে দেখা যায়, ঐ কোণ ৫ অংশের অধিক এবং ৫।।০ অংশের উন হইবে। ৫ অংশের স্প ৮·৭৫। উহা এবং ৯·০২ এর অন্তর ·২৭; এবং ৫ ও ৫।।০ অংশের স্পর অন্তর ·৮৮। এখন অনুপাত কর। যদি ·৮৮ তে ৩০ কলায় অন্তর হয়, ·২৭ তে কত হইবে? ফল ৯ কলা। এখানে স্প বৃদ্ধিশীল। অতএব যে কোণের স্প. ৯·০২, সে কোণের পরিমাণ ৫।৩০+৯=৫ ৩৯ অংশাদি।

কোন কোণের স্প ২৬২·৪। কোণাংশ কত? সারণীতে দেখা যায়, ঐ কোণ ৬৯ ও ৬৯।৩০ অংশের মধ্যে হইবে। ঐ দুই কোণের অন্তর

৩০ কলা, স্পর অন্তর ৭'৩। ২৬০'৫ অপেক্ষা ২৬২'৪, ১'৯ অধিক। এখন অনুপাত কর। যদি ৭'৩ অন্তরে ৩০ কলার অন্তর হয়, তবে ১'৯ অন্তরে কত কলার অন্তর হইবে? ফল ৮ কলা। অতএব উক্ত কোণের পরিমাণ ৬৯।৮ অংশাদি।

ধ্রুবপট্টের অক্ষাংশ, পীঠের ঘণ্টান্তরাংশ প্রভৃতি কোণ করিতে বলা যত সহজ, করা তত সহজ নহে। কারণ যেরূপ কোণমান-যন্ত্র (protractor) সর্ব্বদা বিক্রীত হইয়া থাকে, তাহাতে অংশ পর্য্যন্ত চিহ্নিত থাকে, কলা থাকে না; দ্বিতীয়তঃ কোণমানযন্ত্র ছোট। কাজেই তাহার অংশ চিহ্নের মধ্যবর্ত্তী অন্তর অল্প। এই হেতু তাহা হইতে অংশ আনিতে গেলে ভুল হইতে পারে। ছোট জিনিস দেখিয়া বড় জিনিস করিতে গেলে, ছোট জিনিসটির অল্প ভুল বড় জিনিসে বড় হইয়া পড়ে। এই অসুবিধা নিবারণার্থে এখানে দুই উপায় প্রদর্শিত হইতেছে। এই দুই উপায়ে কোণমান-যন্ত্রের পরিবর্ত্তে রেখামান-যন্ত্র (linear scale) আবশ্যক। কোণের বা চাপের অংশ কলা নিরূপণ করা অপেক্ষা রেখার দৈর্ঘ্য পরিমাণ করা সহজ।

(১) স্পর্শিনী দ্বারা। মনে কর ৪০ অংশ পরিমিত কোণ বা চাপ নিরূপণ করিতে হইবে। দ কেন্দ্রে ত্রিজ্যা ব্যাসার্দ্ধে এক বৃত্ত কর (৫৮ চিত্র দেখ)। পপু, দ উ দুই তির্য্যক্ ব্যাস টান। মনে কর দ উ রেখার দক্ষিণ পার্শ্বে উক্ত কোণ করিতে হইবে। উক, পুখ স্পর্শিনী ও কোটি-স্পর্শিনী রেখাদ্বয় কর। সারণীতে দেখা যায়, ত্রিজ্যা ১০০ হইলে ৪০ অংশের স্পর্শিনী ৮৩'৯১, এবং কোটি স্পর্শিনী ১১৯'২ হয়। এত দীর্ঘ ত্রিজ্যা করিতে অসুবিধা হইলে ত্রিজ্যা ১০ মনে কর। তখন স্পর্শিনী ৮'৩৯১, কোটি স্পর্শিনী ১১'৯২ হইবে। ত্রিজ্যা ১ হইলে স্প '৮৩৯, কো-স্প ১'১৯ হইবে। এখন কর্কট দ্বারা রেখামান হইতে স্পর্শিনীর দৈর্ঘ্য মাপিয়া লইয়া উগ রেখায় চিহ্নিত কর। মনে কর, উক হইল।

এখন দক যোগ করিলে উদক ৪০ অংশ, এবং অভীষ্ট ত্রিজ্যা ব্যাসার্দ্ধের বৃত্তে উঅ চাপ ৪০ অংশ হইবে।

এই ক্রমের দোষ এই যে, অংশ যত অধিক হয়, স্পর্শিনী তত দীর্ঘ হইয়া পড়ে। ৪৫ অংশ পাইতে গেলেই স্পর্শিনী ত্রিজ্যার সমান হয়। ৫৮ চিত্রে উগ=দউ। ৪৫ অংশের পর অন্তর দ্রুতবেগে বাড়িয়া উঠে। তখন দৈর্ঘ্য মাপিতে অসুবিধা হয়। কিন্তু তখন কোটি-স্পর্শিনী মাপিতে অসুবিধা হয় না। ৪৫ অংশের কো-স্প ত্রিজ্যার সমান। চিত্রে পুগ =দউ। তার পর কো-স্প হ্রস্ব হয়। কাজেই তখন কো-স্প পরিমাণে অসুবিধা হয় না। ৪০ অংশের কো-স্প পুথ, ৪৫ অংশের পুগ। এক-বার ত্রিজ্যা ব্যাসার্দ্ধে বৃত্ত রচনা করিয়া স্পর্শিনী ও কোটি-স্পর্শিনী দ্বয় টানিয়া লইলে আবশ্যক অংশ কলা পরিমাণে কোন অসুবিধা থাকে না।

(২) পূর্ণজ্যা দ্বারা। পূর্ণজ্যা দ্বারা কোণাংশ বা চাপাংশ পরিমাণ করাতে আরও সুবিধা। ইহাতে স্পর্শিনী ও কোটি-স্পর্শিনী রেখাদ্বয় টানিতে হয় না, কাজেই ঐ দুই রেখা করিতে ভুলের সম্ভাবনা থাকে না। দুই তির্য্যক রেখা করা অপেক্ষা বৃত্ত রচনা সহজ। সারণীতে দেখা যায়, ১০০ ত্রিজ্যাতে ৪০ অংশের পূর্ণজ্যা ৬৮·৪০, কোটি-পূর্ণজ্যা ৮৪·৫২। ত্রিজ্যা ১০ হইলে ঐ অংশের পূর্ণজ্যা ৬·৮৪, কোটি-পূর্ণজ্যা ৮·৪৫ হইবে। মনে কর, অভীষ্ট ত্রিজ্যাতে ৫৮ চিত্রের বৃত্ত রচিত হই-য়াছে। এখন কর্কট দ্বারা ৪০ অংশের পূর্ণজ্যা রেখামান হইতে লইয়া বৃত্তপরিধিতে চিহ্নিত কর। মনেকর, পূর্ণজ্যা উ অ ঋজুরেখা হইল। উদ অ কোণের পরিমাণ ৪০ অংশ হইবে। উ অ পরিমাণ যথার্থ হইয়াছে কি না, তাহা কোটি-পূর্ণজ্যা দ্বারা পরীক্ষা করা চলে। ত্রিজ্যা ১০ হইলে পুঅ ঋজু রেখা ৮·৪৫ হইবে। এইরূপ, চিত্রে ৬০ অংশের পূর্ণজ্যা উ অ´, কোটি-পূর্ণজ্যা প অ´।

বস্তুতঃ স্পর্শিনী ও পূর্ণজ্যা দ্বারা অংশের কলা নির্দ্দেশ করিতে পারা যায়, অন্য উপায়ে পারা যায় না। বলা বাহুল্য ত্রিজ্যা যত বৃহৎ হইবে, কোণ পরিমাণও তত সূক্ষ্ম হইবে। যে বৃত্তের ব্যাসার্দ্ধ ১০ ইঞ্চ, তাহার পরিধির এক ইঞ্চ স্থানে প্রায় ৬ অংশ হইবে।

বৃত্ত রচনা না করিয়াও ধ্রুবপট্টের অক্ষাংশ কোণ একবারে অঙ্কিত করিতে পারা যায়। ২৪শ চিত্রের ধ্রুব-পট্টের আকার জাত্য ত্রিভুজ (right-angled triangle)। উহার উ জাত্য কোণ; সুতরাং দধ কর্ণ, দউ ভূমি, উধ বাহু। ভূমি দউ যদি ১০০ হয়, তাহা হইলে দ অক্ষাংশ কোণে বাহু উধ, অক্ষাংশের স্পর্শিনীর সমান দীর্ঘ হইবে। অক্ষাংশ ২৫ এবং ভূমি ১০০ হইলে, বাহু ৪৬.৬৩ হইবে। ভূমি ১০ হইলে ঐ কোণের বাহু ৪.৬৬ হইবে। অতএব দউ ১০ (ইঞ্চ) মাপিয়া লইয়া উ বিন্দু হইতে উধ রেখা তির্য্যক ভাবে অঙ্কিত কর। উধ রেখায় ৪.৬৬ (ইঞ্চ) মাপিয়া লইয়া দ ধ যোগ কর। ধ দ উ কোণ ২৫ অংশ হইবে। কলা থাকিলে তাহা অনুপাত দ্বারা পাওয়া যাইবে। যথা, কটকের অক্ষাংশ ২০।২৮। সারণীতে ২০ এবং ২।৩০ অংশের স্প আছে। উহাদের অন্তর ০.৯৯। অতএব যদি ৩১ কলা অন্তরে স্পর অন্তর ০.৯৯ হয়, ২৮ কলার ০.৯২ হইবে। অতএব ২০।২৮ অংশ কোণে ভূমি ১০০ হইলে বাহু ৩৬.৪০+.৯২= ৩৭.৩২ হইবে।

ঘ। ধরাপীঠ যন্ত্রের ঘণ্টারেখান্তরাংশ সারণী।

এই সারণীর প্রথম সারিতে অক্ষাংশ। অন্যান্য সারিতে ঐ ঐ অক্ষাংশের নিমিত্ত ধরাপীঠযন্ত্রের মধ্যাহ্নরেখা হইতে প্রতি অর্দ্ধ ঘণ্টার অন্তর গণিত হইয়াছে। মনে কর, কটকের অক্ষাংশ ২০।২৮। সেখানে ধরাপীঠ-যন্ত্রের ঘণ্টা-রেখা কত কত অংশ দূরে দূরে হইবে? সারণীতে ২০ অংশ ও ২০।৩০ অংশাদির রেখান্তরাংশ আছে। এই দুই হইতে

অনুপাত দ্বারা ২০।২৮ অক্ষাংশের পাওয়া যাইবে। যথা, ১টা রেখায় দেখা যায়, ২০।০ ও ২০।৩০ এর রেখান্তর ৮ কলা। ২০।৩০ হইতে ২০।২৮ এর অন্তর ২ কলা। অতএব যদি ৩০ কলা অক্ষাংশান্তরে ৮ কলা অন্তর হয়, ২ কলাতে কত অন্তর পড়িবে? ফল ৩২ বিকলা। ৩২ বিকলা ছোট সূর্য্যঘড়ীতে দেখান কঠিন। এ নিমিত্ত তৎপরিবর্ত্তে ১ কলা ধরা যাইতে পারে। অতএব ২০।২৮ অক্ষাংশে ১টা-রেখা মধ্যাহ্ন-রেখা হইতে ৫।২১ অংশাদি দূরে হইবে।

ঙ। ধরাপীঠ যন্ত্রের ঘণ্টারেখান্তরাংশের পূর্ণজ্যা সারণী।

১০০ পৃষ্ঠে পূর্ণজ্যা গণনার প্রয়োজন বলা গিয়াছে। পাঠকের গণনা-সাধন নিমিত্ত এই সারণী যোজিত হইয়াছে। এখানে ত্রিজ্যা ১০। জ্যাদি সারণীতে ত্রিজ্যা ১০০ ধরা হইয়াছে। গণনা সময় ইহা মনে রাখিবে। অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম ফল পাইবার অভিপ্রায়ে ১০ পরিবর্ত্তে ১০০ গ্রহণ করা গিয়াছে। কটকের অক্ষাংশ ২০।২৮। উহার নিমিত্ত ১টা-রেখান্তরাংশের পূর্ণজ্যা কত হইবে? দেখা যায়, ২০ ও ২০।৩০ অক্ষাংশে পূর্ণজ্যার অন্তর ০·০৩। অতএব অনুপাত কর। যদি ৩০ কলার অন্তরে ০·০৩ অন্তর হয়, ২৮ কলার অন্তরে কত হইবে? ফল ০.০২৮। অতএব ২০।২৮ অক্ষাংশের নিমিত্ত ১টার রেখান্তরাংশের পূর্ণজ্যা ০·৯১+০·০২৮=০·৯৩৮ হইবে। রেখামান দ্বারা এই অন্তর আনিতে পারা যাইবে না। সুতরাং উহার পরিবর্ত্তে ০·৯৪ গ্রহণ করিতে হইবে। এইরূপে দেখা যাইবে, গণনা সূক্ষ্ম হইলেও কার্য্যকালে তাহা স্থূল হইয়া পড়ে। অক্ষাংশে দুই চারি কলার ভ্রম হইলে সূর্য্যঘড়ীতে সে প্রভেদ দেখাইবার উপায় নাই বলিলেও হয়।

ক। অক্ষাংশ ও কলিকাতা হইতে দেশান্তর মিনিট।

নগর।	অঃ	দেঃ মিঃ
আসাম।		
কাছাড় শিলচর ...	২৪।৪৯	+১৭॥০
গোয়াল পাড়া ...	২৬।১১	+৯
গৌহাটি	২৬।১১	+১১॥০
তেজপুর	২৬।৩৭	+১৮
ডিব্রুগড়	২৭।৩২	+২৬॥০
ধুবড়ি	২৬।০	+৭
মণিপুর	২৪.৪৮	+২২॥০
শিবসাগর	২৬ ৫৯	+৯
শিলং	২৫।৩৪	+১৪
শ্রীহট্ট	২৪।৫২	+১৪
ওড়িশা।		
অঙ্গুল	২০।৪৮	−১৩॥০
আঠমল্লিক (হাণ্ডিপা)	২০।৪৮	−১৪॥০
আঠগড়	২০,৩১	−১০
কটক	২০।২৮	−১০
কেন্দ্রাপাড়া ...	২০।৩০	−৮
যাজপুর	২০।৫০	−৮
কেওঞ্ঝর	২১।৩৮	−১১
খণ্ডপড়া	২০।১৬	−১৩
ঢেঁকানাল	২০।৪০	−১১
তালচের	২০ ৫৮	−১২॥০
দশপল্লা	২০।১৯	−১৪
নুয়াগড়	২০।৮	−১৩
নরসিংহপুর... ...	২০।২৮	−১৩
নীলগিরি	২১।২৭	−৬
পাললহড়া	২১।২৬	−১৩
পুরী	১৯।৪৮	−১০

নগর	অঃ	দেঃ মিঃ
খুরদা	২০।১১	−১১
ভুবনেশ্বর	২০।২৬	−১০
ময়ূরভঞ্জ, বারিপদা ...	২১।৫৬	−৬
দাসপুর	২১।৫৮	−৯
বড়ম্বা	২০।২৬	−১২
বামড়া, দেবগড় ...	২১।৩২	−১৫
বালেশ্বর	২১।৩০	−৬
ভদ্রক	২১।০	−৭
বৌদ	২০।৫০	−১৬
রণপুর...	২০।৪	−১২
হিন্দোল	২০।৩৭	−১৩
ছোটনাগপুর।		
মানভূম, পুরুলিয়া ...	২৩।২০	−৮
রঘুনাথপুর... ...	২৩ ৩২	−৭
গোবিন্দপুর... ...	২৩।৫০	−৭
রাঁচি	২৩ ২২	−১২
জামপুর	২২ ৫৩	−১৩॥০
লোহার ডাগা ...	২৩ ২৬	−১৫
পালামৌ	২৩,৫৪	−২৬॥০
সিংভূম চাইবাসা ...	২২।৩৪	−১০
হাজারিবাগ	২৩ ৫৯	−১২
গিরিধি	২৪ ১২	−৮
চাত্রা	২৪।১২	−১৪
বঙ্গ।		
কলিকাতা	২২।৩৪	০
কুচবিহার	২৬।২০	+৪
খুলনা	২২।৪৯	+৫
বাগের হাট ...	২২।৪০	+৬

নগর	অঃ	দেঃ মিঃ	নগর	অঃ	দেঃ মিঃ
সাতক্ষীরা	২২।৪২	+ ৩	নোয়াখালী (সুধারাম)	২২।৪৯	+১১
চট্টগ্রাম	২২।২১	+১২	ফেণী	২৩ ১	+১২
কক্স বাজার ...	২১।২৭	+১৪॥০	লক্ষ্মীপুর	২৩।৫৭	+১০
পটিয়া	২২।১৮	+১৪॥০	হাতীয়া	২২।৩১	+১১
রাওজান	২২ ৩২	+ .৪	পাবনা	২৪।১	+৬॥০
সাত কানিয়া ...	২২।৫	+১৫	সিরাজগঞ্জ	২৪।২৮	+৫॥০
রাঙ্গা মাটিয়া ...	২২।৩৯	+১৫॥০	ফরিদপুর	২৩।৩৭	+৬
চব্বিশ পরগণা			গোয়ালন্দ	২৩।৫০	+৫॥০
আলিপুর	২২।৩২	০	ভাঙ্গা	২৩।২৪	+৬॥০
ডায়মণ্ড হারবার ...	২২।১২	−১	মাদারিপুর	২৩।১১	+৭
বসির হাট... ...	২২ ৪০	+২	বগুড়া	২৪।৫১	+৪
বারাসত	২২।৪৩	+॥০	সেরপুর	২৪।৪.	+৪
বারাকপুর	২২।৪৭	০	বর্দ্ধমান	২৩।১৪	−২
জলপাইগুড়ি... ...	২৬।৩১	+১॥০	কাটোয়া	২৩ ৩৯	−১
আলিপুর	২৬।৩০	+৫	কালনা	২৩।১৫	০
ঢাকা...	২৩।৪৩	+৮	মানকর	২৩।২৬	−৩
নারায়ণ গঞ্জ ...	২৩ ৩৭	+৮॥০	রাণীগঞ্জ	২৩।৩৮	−৫
মাণিক গঞ্জ... ...	২৩।৫০	+৭	বাঁকুড়া	২৩।১৪	−৫
মুন্সিগঞ্জ	২৩।৩২	+৯	কোতলপুর	২৩।১	−৩
ত্রিপুরা, আগড়তলা ...	২৩।৫.	+১২	বিষ্ণুপুর	২৩ ৫	−৪
কমিল্লা	২৩।২৮	+১১	সোণামুখী	২৩ ১৯	−৪
কশবা	২৩।৪৫	+১১	বাখরগঞ্জ	২২।৩২	+৮
চাঁদপুর	২৩।১৮	+৯	দক্ষিণ সাবাজপুর ...	২২।৩৫	+১০
ব্রাহ্মণ বেড়িয়া ...	২৩।৫৯	+১১	পটুয়া খালী... ...	২২ ২২	+৮
দারজিলিঙ্গ	২৭।২	০	পিরোজপুর	২২।৩৫	+৬॥০
দিনাজপুর	২৫।৩৮	+১	ভোলা	২২।৪১	+৯
ঠাকুর গাঁ	২৬।৫	০	বরিসাল	২২।৪২	+৮
ফুলবাড়ী	২৫।৩০	+২॥০	বীরভূম, সুরী ...	২৩।৫৫	−৩
নদীয়া, কৃষ্ণনগর ...	২৩।২৪	+॥০	দুবরাজপুর... ...	২৩।৪৮	−৪
চুয়াডাঙ্গা	২৩।৩.	+২	বোলপুর	২৩।৪০	−২॥০
মেহের পুর	২৩।৪৬	+১	রামপুর হাট ...	২৪।১০	−২
রাণাঘাট	২৩।১১	+১	মুর্শীদাবাদ	২৪।২২	০
শান্তিপুর	২৫।১৫	০	কাঁদি	২৩।৫৮	−১

নগর।	অঃ	দেঃ মিঃ
জঙ্গীপুর	২৪।২৮	−১
বহরমপুর	২৪।৮	০
মেদিনীপুর ...	২২।২৫	−৪
কাঁথি	২১।৪৭	−২
গড়বেতা	২২।৫২	−৪
ঘাটাল	২২।৪০	−২॥০
চন্দ্রকোণা... ...	২২।৪৪	−৩
তমলুক	২২।১৮	−২
দাঁতন	২১।৫৭	−৪
মৈমনসিং	২৪।৪৬	+৮
আটিয়া	২৪।১২	+৬
ঈশ্বরগঞ্জ	২৪।৪২	+৯
কিশোরগঞ্জ ...	২৪।২৬	+১০
জামালপুর ...	২৪।৫৫	+৬
টাঙ্গাইল	২৪।১৫	+৬
দুর্গাপুর (সুসংগা) ...	২৫।৮	+৯॥
নেত্রকোণা ...	২৪।৫৩	+৯॥০
শেরপুর	২৫।২	+৭
যশোহর	২৩।১	+৩॥০
ঝিনেদ	২৩।৩৩	+৩
নড়াইল	২৩।১০	+৪॥০
বনগাঁ	২৩।৩	+২
মাগুরা	২৩।২৯	+৪
রঙ্গপুর	২৫।৪৪	+৩॥০
কুড়িগাঁ	২৫।৫০	+৫
গাইবাঁধা	২৫।২১	+৫
নীলফামারি ...	২৫।৫৮	+২
রাজসাহি		
রামপুর বোয়ালিয়া..	২৪।২৩	+১
নাটোর	২৪।২৬	+২॥০
নওগাঁ	২৪।৪৮	+২
হাওড়া	২২।৩৭	০
আমতা	২২।৩৫	−১

নগর	অঃ	দেঃ মিঃ
উলুবেড়িয়া ...	২২।২৮	−১
হুগলি	২২।৫৪	০
আরামবাগ ... (জাহানাবাদ) ...	২২।৫৪	−২
তারকেশ্বর	২২।৫৩	−১
শ্রীরামপুর ...	২২।৪৫	০
পাণ্ডুয়া	২৩।৫	০
বিহার।		
গয়া	২৪।৪৮	−১৩॥০
ঔরাঙ্গবাদ	২৪।৪৪	−১৬
জাহানাবাদ	২৫।১৩	−১৩॥০
টিকারি	২৪।৫৬	−১৪
চম্পারণ, মতিহারি ...	২৬।৩৮	−১৪
বেটিয়া	২৬।৪৯	−১৫
রামনগর	২৭।১০	−১৬
দ্বারভাঙ্গা ...	২৬।১০	−১০
মধুবাণি	২৬।২১	−৯
সমস্তিপুর	২৫।৫২	−১০
পাটনা ...	২৫।৩৬	−১২॥০
দানাপুর	২৫।৩৯	−১৩
বাড়	২৫।২৯	−১০॥০
বিহার	২৫।১১	−১২
পূর্ণিয়া	২৫।৪৮	−৩
আরারিয়া	২৬।৯	−৩
কিষণগঞ্জ	২৬।৬	−২
ভাগলপুর ...	২৫।১৫	−৫॥০
বাঁকা	২৪।৫৩	−৬
মধেপুর	২৫।৫৬	−৬
সুপাল	২৬।৬	−৭
মালদহ	২৫।২	−১
গাজোল	২৫।১৩	−১
গৌড়	২৪।৫৪	−১

নগর।		অঃ	দেঃ মিঃ
শিবগঞ্জ ...	...	২৪।৪১	—১
মুঙ্গের ...	...	২৫।২৩	—৮
গধৌর ...	...	২৪।৫১	—৮৷৷০
জামালপুর...	...	২৫।১৯	—৭৷৷০
বেগুসরাই ...	...	২৫।২৫	—৮
মুজাফরপুর	...	২৬।৭	—১২
সীতামারী ...	...	২৬।৩৫	—১১৷৷০
হাজিপুর জংসন	...	২৫।৪১	—১২৷৷০
সারণ, ছাপরা	...	২৫।৪৭	—১৪৷৷০
গোপালগঞ্জ	...	২৬।২৮	—১৬
সিওয়ান ...	...	২৬।১৩	—১৬
সাঁওতাল পরগণা।			
গোড্ডা ...	...	২৪।৪৮	—৪৷৷০
জামতাড়া ...	...	২৩।৫৯	—৬
পাকুড় ...	...	২৪।৩৭	—২
দেওঘর ...	...	২৪।৩০	—৭
মধুপুর ...	...	২৪।১৭	—৭
রাজমহল ...	...	২৫।৩	—২
সাহাবাদ, আরা	...	২৫।৩৪	—১৫
চৌসা ...	...	২৫।২৯	—১৮
ভভুয়া ...	...	২৫।৩	—১৯
বক্সার ...	...	২৫।৩৪	—১৭৷৷০
শসেরাম ...	...	২৪।৫৮	—১৭
ডুমরাওন ...	...	২৫।৩৩	—১৭
অন্যপ্রদেশে।			
অযোধ্যা ...	...	২৬।৪৮	—২৬
আগ্রা ...	...	২৭।১০	—৪১
আলাহাবাদ	...	২৫।২৬	—২৬
আলীগড় ...	...	২৭।৫৩	—৪১
উজ্জয়িনী ...	...	২৩।৯	—৫১
কানপুর ...	...	২৬।২৮	—৩২
কাশী ...	...	২৫।১৮	—২১
গাজিপুর ...	...	২৫।৩৫	—২০
জয়পুর ...	...	২৬।৫৬	—৫১
জব্বলপুর ...	...	২৩।৯	—৩৪
দিল্লি ...	...	২৮।৩১	—৪৫
দেরাদুন ...	...	৩০।১৯	—৪১
নাগপুর ...	...	২১।৮	—৩৮
পুনা ...	...	১৮।২৯	—৫৮
মথুরা ...	...	২৭।৩০	—৪৩
মান্দ্রাজ (বেধালয়)	...	১৩।৪	—৩৩
লক্ষ্ণৌ ...	...	২৬।৫০	—৩০
লাহোর ...	...	৩১ ৩৫	—৫৭
বোম্বাই (কোলাবা)	...	১৮।৫৪	—৬২
সম্বলপুর ...	...	২১।২৮	—১৯
সিমলা ...	...	৩১।৬	—৪৫
গ্রিণিচ, লণ্ডন	...	৫১ ২৯	—৫।৫৩

খ। কাল-সমীকরণ সারণী।

ইং তারিখ	মিনিট	ইং তারিখ	মিনিট	ইং তারিখ	মিনিট	ইং তারিখ	মিনিট
জানুয়ারী ১	+৩	মার্চ ২৮	+৫	আগষ্ট ৯	+৫	অক্টোবর ১৮	−১৫
২	+৪	৩১	+৪	১৬	+৪	২৪	−১৬
৪	+৫	এপ্রেল ৪	+৩	২১	+৩	নভেম্বর ১৫	−১৫
৬	+৬	৭	+২	২৫	+২	২১	−১৪
৯	+৭	১১	+১	২৮	+১	২৫	−১৩
১১	+৮	১৫	০	সেপ্টেম্বর ১	০	২৮	−১২
১৩	+৯	১৯	−১	৪	−১	ডিসেম্বর ১	−১১
১৬	+১০	২৪	−২	৭	−২	৩	−১০
১৯	+১১	২৮	−৩	১০	−৩	৬	−৯
২২	+১২	মে ৭	−৪	১৩	−৪	৮	−৮
২৬	+১৩	২৪	−৩	১৬	−৫	১১	−৭
ফেব্রুয়ারী ১	+১৪	জুন ২	−২	১৮	−৬	১৩	−৬
২৫	+১৩	৮	−১	২১	−৭	১৫	−৫
মার্চ্চ ২	+১২	১৩	০	২৪	−৮	১৭	−৪
৭	+১১	১৮	+১	২৭	−৯	১৯	−৩
১১	+১০	২২	+২	৩০	−১০	২১	−২
১৫	+৯	২৭	+৩	অক্টোবর ৩	−১১	২৩	−১
১৮	+৮	জুলাই ২	+৪	৬	−১২	২৫	০
২২	+৭	৭	+৫	১০	−১৩	২৭	+১
২৫	+৬	১৪	+৬	১৪	−১৪	২৯	+২
						৩১	+৩

গ। জ্যাদি সারণী। ত্রিজ্যা = ১০০।

অংশ	জ্যা	কোজ্যা	শর	কোশর	পূর্ণজ্যা	কোপূর্ণজ্যা	অংশ
০	০	১০০	০	অসীম	০	১৪১·৪	৯০
॥০	০·৮৭	৯৯·৯৯	০·৮৭	১১৪৫৯	০·৮৭	১৪০·৮	৮৯॥০
১	১·৭৫	৯৯·৯৮	১·৭৫	৫৭২৯	১·৭৫	১৪০·২	৮৯
১॥০	২·৬২	৯৯·৯৭	২·৬২	৩৮১৯	২·৬২	১৩৯·৬	৮৮॥০
২	৩·৪৯	৯৯·৯৩	৩·৪৯	২৮৬৪	৩·৪৯	১৩৮·৯	৮৮
২॥০	৪·৩৬	৯৯·৯০	৪·৩৭	২২৯০	৪·৩৬	১৩৮·৩	৮৭॥০
৩	৫·২৩	৯৯·৮৬	৫·২৪	১৯০৮	৫·২৪	১৩৭·৭	৮৭
৩॥০	৬·১০	৯৯·৮১	৬·১২	১৬৩৫	৬·১১	১৩৭·০	৮৬॥০
৪	৬·৯৮	৯৯·৭৬	৬·৯৯	১৪৩০	৬·৯৮	১৩৬·৪	৮৬
৪॥০	৭·৮৫	৯৯·৬৯	৭·৮৭	১২৭১	৭·৮৫	১৩৫·৮	৮৫॥০
৫	৮·৭২	৯৯·৬২	৮·৭৫	১১৪৩	৮·৭২	১৩৫·১	৮৫
৫॥০	৯·৫৮	৯৯·৫৪	৯·৬৩	১০৩৯	৯·৬০	১৩৪·৫	৮৪॥০
৬	১০·৪৫	৯৯·৪৫	১·৫১	৯৫১·৪	১০·৪৭	১৩৩·৮	৮৪
৬॥০	১১·৩২	৯৯·৩৬	১১·৩৯	৮৭৭·৭	১১·৩৪	১৩৩·২	৮৩॥০
৭	১২·১৯	৯৯·২৫	১২·২৮	৮১৪·৪	১২·২১	১৩২·৫	৮৩
৭॥০	১৩·০৫	৯৯·১৪	১৩·১৭	৭৫৯·৬	১৩·০৮	১৩১·৯	৮২॥০
৮	১৩·৯২	৯৯·০২	১৪·০৫	৭১১·৫	১৩·৯৫	১৩১·২	৮২
৮॥০	১৪·৭৮	৯৮·৯০	১৪·৯৫	৬৬৯·১	১৪·৮২	১৩০·	৮১॥০
৯	১৫·৬৪	৯৮·৭৭	১৫·৮৪	৬৩১·৪	১৫·৬৯	১২৯·৯	৮১
৯॥০	১৬·৫০	৯৮·৬৩	১৬·৭৩	৫৯৭·৬	১৬·৫৬	১২৯·২	৮০॥০
১০	১৭·৩৬	৯৮·৪৮	১৭·৬৩	৫৬৭·১	১৭·৪৩	১২৮·৬	৮০

অংশ	জ্যা	কোজ্যা	স্প	কোস্প	পূর্ণজ্যা	কো-পূর্ণজ্যা	অংশ
১০॥০	১৮·২২	৯৮·৩৩	১৮·৫৩	৫৩৯·৬	১০·৩০	১২৭·৯	৭৯॥০
১১	১৯·০৮	৯৮·১৬	১৯·৪৪	৫১৪·৫	১৯·১৭	১২৭·২	৭৯
১১॥০	১৯·৯৪	৯৭·৯৯	২০·৩৪	৪৯১·৫	২০·০৪	১২৬·৫	৭৮॥০
১২	২০·৭৯	৯৭·৮১	২১·২৬	৪৭০·৫	২০·৯১	১২৫·৯	৭৮
১২॥০	২১·৬৪	৯৭·৬৩	২২·১৭	৪৫১·১	২১·৭৭	১২৫·২	৭৭॥০
১৩	২২·৫০	৯৭·৪৪	২৩·০৯	৪৩৩·১	২২·৬৪	১২৪·৫	৭৭
১৩॥০	২৩·৩৪	৯৭·২৪	২৪·০১	৪১৬·৫	২৩·৫১	১২৩·৮	৭৬॥০
১৪	২৪·১৯	৯৭·০৩	২৪·৯৩	৪০১·১	২৪·৩৭	১২৩·১	৭৬
১৪॥০	২৫·০৩	৯৬·৮১	২৫·৮৬	৩৮৬·৭	২৫·২৪	১২২·৪	৭৫॥০
১৫	২৫·৮৮	৯৬·৫৯	২৬·৭৯	৩৭৩·২	২৬·১১	১২১·৮	৭৫
১৫॥০	২৬·৭২	৯৬·৩৬	২৭·৭৩	৩৬০·৬	২৬·৯৭	১২১·১	৭৪॥০
১৬	২৭·৫৬	৯৬·১৩	২৮·৬৭	৩৪৮·৭	২৭·৮৩	১২০·৪	৭৪
১৬॥০	২৮·৪০	৯৫·৮৮	২৯·৬২	৩৩৭·৬	২৮·৭০	১১৯·৭	৭৩॥০
১৭	২৯·২৪	৯৫·৬৩	৩০·৫৭	৩২৭·১	২৯·৫৬	১১৯·০	৭৩
১৭॥০	৩০·০৭	৯৫·৩৭	৩১·৫৩	৩১৭·২	৩০·৪২	১১৮·৩	৭২॥০
১৮	৩০·৯০	৯৫·১১	৩২·৪৯	৩০৭·৮	৩১·২৯	১১৭·৬	৭২
১৮॥০	৩১·৭৩	৯৪·৮৩	৩৩·৪৬	২৯৮·৯	৩২·১৫	১১৬·৮	৭১॥০
১৯	৩২·৫৬	৯৪·৫৫	৩৪·৪৩	২৯০·৪	৩৩·০১	১১৬·১	৭১
১৯॥০	৩৩·৩৮	৯৪·২৬	৩৫·৪১	২৮২·৪	৩৩·৮৭	১১৫·৪	৭০॥০
২০	৩৪·২০	৯৩·৯৭	৩৬·৪০	২৭৪·৭	৩৪·৭৩	১১৪·৭	৭০
২০॥০	৩৫·০২	৯৩·৬৭	৩৭·৩৯	২৬৭·৫	৩৫·৫৯	১১৪·০	৬৯॥০
২১	৩৫·৮৪	৯৩·৩৬	৩৮·৩৯	২৬০·৫	৩৬·৪৫	১১৩·৩	৬৯
২১॥০	৩৬·৬৫	৯৩·০৪	৩৯·৩৯	২৫৩·৯	৩৭·৩০	১১২·৬	৬৮॥০

অংশ	জ্যা	কোজ্যা	স্প	কোস্প	পূর্ণজ্যা	কোপূর্ণজ্যা	অংশ
২২	৩৭·৪৬	৯২·৭২	৪০·৪০	২৪৭·৫	৩৮·১৬	১১১·৮	৬৮
২২॥০	৩৮·২৭	৯২·৬৯	৪১·৪২	২৪১·৪	৩৯·০২	১১১·১	৬৭॥০
২৩	৩৯·০৭	৯২·০৫	৪২·৪৫	২৩৫·৬	৩৯·৮৭	১১০·৪	৬৭
২৩॥০	৩৯·৮৭	৯১·৭১	৪৩·৪৮	২৩০·০	৪০·৭৩	১০৯·৭	৬৬॥০
২৪	৪০·৬৭	৯১·৩৫	৪৪·৫২	২২৪·৬	৪১·৫৮	১০৮·৯	৬৬
২৪॥০	৪১·৪৭	৯১·০০	৪৫·৫৭	২১৯·৪	৪২·৪৪	১০৮·২	৬৫॥০
২৫	৪২·২৬	৯০·৬৩	৪৬·৬৩	২১৪·৫	৪৩·২৯	১০৭·৫	৬৫
২৫॥০	৪৩·০৫	৯০·২৬	৪৭·৭০	২০৯·৭	৪৪·১৪	১০৬·৭	৬৪॥০
২৬	৪৩·৮৪	৮৯·৮৮	৪৮·৭৭	২০৫·০	৪৪·৯৯	১০৬·০	৬৪
২৬॥০	৪৪·৬২	৮৯·৪৯	৪৯·৮৬	২০০·৬	৪৫·৮৪	১০৫·২	৬৩॥০
২৭	৪৫·৪০	৮৯·১০	৫০·৯৫	১৯৬·৩	৪৬·৬৯	১০৪·৫	৬৩
২৭॥০	৪৬·১৭	৮৮·৭০	৫২·০৬	১৯২·১	৪৭·৫৪	১০৩·৮	৬২॥০
২৮	৪৬·৯৫	৮৮·২৯	৫৩·১৭	১৮৮·১	৪৮·৩৮	১০৩·০	৬২
২৮॥০	৪৭·৭২	৮৭·৮৮	৫৪·৩০	১৮৪·২	৪৯·২৩	১০২·৩	৬১॥০
২৯	৪৮·৪৮	৮৭·৪৬	৫৫·৪৩	১৮০·৪	৫০·০৮	১০১·৫	৬১
২৯॥০	৪৯·২৪	৮৭·০৪	৫৬·৫৮	১৭৬·৭	৫০·৯২	১০০·৮	৬০॥০
৩০	৫০·০০	৮৬·৬০	৫৭·৭৪	১৭৩·২	৫১·৭৬	১০০·০	৬০
৩০॥০	৫০·৭৫	৮৬·১৬	৫৮·৯০	১৬৯·৮	৫২·৬০	৯৯·২৪	৫৯॥০
৩১	৫১·৫০	৮৫·৭২	৬০·০৯	১৬৬·৪	৫৩·৪৫	৯৮·৪৮	৫৯
৩১॥০	৫২·২৫	৮৫·২৬	৬১·২৮	১৬৩·২	৫৪·২৯	৯৭·৭২	৫৮॥০
৩২	৫২·৯৯	৮৪·৮০	৬২·৪৯	১৬০·০	৫৫·১৩	৯৬·৯৬	৫৮
৩২॥০	৫৩·৭৩	৮৪·৩৪	৬৩·৭১	১৫৭·০	৫৫·৯৭	৯৬·২০	৫৭॥০
৩৩	৫৪·৪৬	৮৩·৮৭	৬৪·৯৪	১৫৪·০	৫৬·৮০	৯৫·৪৩	৫৭

অংশ	জ্যা	কোজ্যা	স্প	কোস্প	পূর্ণজ্যা	কো-পূর্ণজ্যা	অংশ
৩৩॥০	৫৫·১৯	৮৩·৩৯	৬৬·১৯	১৫১·১	৫৭·৬৪	৯৪·৬৬	৫৬॥০
৩৪	৫৫·৯২	৮২·৯০	৬৭·৪৫	১৪৮·৩	৫৮·৪৭	৯৩·৮৯	৫৬
৩৪॥০	৫৬·৬৪	৮২·৪১	৬৮·৭৩	১৪৫·৫	৫৯·৩১	৯৩·১২	৫৫॥০
৩৫	৫৭·৩৬	৮১·৯২	৭০·০২	১৪২·৮	৬০·১৪	৯২·৩৫	৫৫
৩৫॥০	৫৮·০৭	৮১·৪১	৭১·৩৩	১৪০·২	৬০·৯৭	৯১·৫৭	৫৪॥০
৩৬	৫৮·৭৮	৮০·৯০	৭২·৬৫	১৩৭·৬	৬১·৮০	৯০·৮০	৫৪
৩৬॥০	৫৯·৪৮	৮০·৩৯	৭৪·০০	১৩৫·১	৬২·৬৩	৯০·০২	৫৩॥০
৩৭	৬০·১৮	৭৯·৮৬	৭৫·৩৬	১৩২·৭	৬৩·৪৬	৮৯·২৪	৫৩
৩৭॥০	৬০·৮৮	৭৯·৩৪	৭৬·৭৩	১৩০·৩	৬৪·২৯	৮৮·৪৬	৫২॥০
৩৮	৬১·৫৭	৭৮·৮০	৭৮·১৩	১২৮·০	৬৫·১১	৮৭·৬৭	৫২
৩৮॥০	৬২·২৫	৭৮·২৬	৭৯·৫৪	১২৫·৭	৬৫·৯৪	৮৬·৮৯	৫১॥০
৩৯	৬২·৯৩	৭৭·৭১	৮০·৯৮	১২৩·৫	৬৬·৭৬	৮৬·১০	৫১
৩৯॥০	৬৩·৬১	৭৭·১৬	৮২·৪৩	১২১·৩	৬৭·৫৮	৮৫·৩১	৫০॥০
৪০	৬৪·২৮	৭৬·৬০	৮৩·৯১	১১৯·২	৬৮·৪০	৮৪·৫২	৫০
৪০॥০	৬৪·৯৪	৭৬·০৪	৮৫·৪১	১১৭·১	৬৯·২২	৮৩·৭৩	৪৯॥০
৪১	৬৫·৬১	৭৫·৪৭	৮৬·৯৩	১১৫·০	৭০·০৪	৮২·৯৪	৪৯
৪১॥০	৬৬·২৬	৭৪·৯০	৮৮·৪৭	১১৩·০	৭০·৮৬	৮২·১৪	৪৮॥০
৪২	৬৬·৯১	৭৪·৩১	৯০·০৪	১১১·১	৭১·৬৭	৮১·৩৫	৪৮
৪২॥০	৬৭·৫৬	৭৩·৭৩	৯১·৬৩	১০৯·১	৭২·৪৯	৮০·৫৫	৪৭॥০
৪৩	৬৮·২০	৭৩·১৪	৯৩·২৫	১০৭·২	৭৩·৩০	৭৯·৭৫	৪৭
৪৩॥০	৬৮·৮৪	৭২·৫৪	৯৪·৯০	১০৫·৪	৭৪·১১	৭৮·৯৫	৪৬॥০
৪৪	৬৯·৪৭	৭১·৯৩	৯৬·৫৭	১০৩·৬	৭৪·৯২	৭৮·১৫	৪৬
৪৪॥০	৭০·০৯	৭১·৩৩	৯৮·২৭	১০১·৮	৭৫·৭৩	৭৭·৩৪	৪৫॥০
৪৫	৭০·৭১	৭০·৭১	১০০·০০	১০০·০০	৭৬·৫৪	৭৬·৫৪	৪৫
অংশ	জ্যা	কোজ্যা	স্প	কোস্প	পূর্ণজ্যা	কো-পূর্ণজ্যা	অংশ

ঘ। ধরাপীঠ যন্ত্রের ঘণ্টারেখান্তরাংশ।

মধ্য-রেখা হইতে	৭।৩০	১৫।০	২২।৩০	৩০।০	৩৭।৩০	৪৫।০	৫২।৩০	৬০।০	৬৭।৩০	৭৫।০	৮২।৩০
অক্ষাংশ	১১॥০টা বা ১২॥০টা	১১ টা বা ১ টা	১০॥০টা বা ১॥০টা	১০ টা বা ২ টা	৯॥০টা বা ২॥০ টা	৯টা বা ৩টা	৮॥০টা বা ৩॥০টা	৮টা বা ৪টা	৭॥০টা বা ৪॥০টা	৭টা বা ৫টা	৬॥০টা বা ৫॥০টা
১৯।৩০	২।৩১	৫।৬	৭।৫২	১০।৫৪	১৪।২২	১৮।২৭	২৩।৩১	৩০।২	৩৮।৫২	৫১।১৫	৬৮।২৯
২০।০	২।৩৫	৫।১৪	৮।৪	১১।১০	১৪।৪৩	১৮।৫৩	২৪।২	৩০।৩৯	৩৯।৩৩	৫১।৫১	৬৮।৫৭
২০।৩০	২।৩৮	৫।২২	৮।১৫	১১।২৬	১৫।২	১৯।১৮	২৪।৩২	৩১।১৪	৪০।১৩	৫২।৩৫	৬৯।২৪
২১।০	২।৪২	৫।২৯	৮।২৭	১১।৪১	১৫।২২	১৯।৪৩	২৫।২	৩১।৫০	৪০।৫২	৫৩।১৩	৬৯।৫০
২১।৩০	২।৪৫	৫।৩৭	৮।৩৮	১১।৫৬	১৫।৪৩	২০।৮	২৫।৩২	৩২।২৫	৪১।৩০	৫৩।৫০	৭০।১৫
২২।০	২।৪৯	৫।৪৪	৮।৪৯	১২।১৩	১৬।২	২০।৩২	২৬।২	৩২।৫৯	৪২।৮	৫৪।২৬	৭০।৩৮
২২।৩০	২।৫৩	৫।৫১	৯।১	১২।২৮	১৬।২২	২০।৫৬	২৬।৩১	৩৩।৩২	৪২।৪৪	৫৫।০	৭১।১
২৩।০	২।৫৭	৫।৫৮	৯।১২	১২।৪৩	১৬।৪১	২১।২০	২৬।৫৯	৩৪।৬	৪৩।২০	৫৫।৩৪	৭১।২৩
২৩।৩০	৩।১	৬।৬	৯।২২	১২।৫৮	১৭।১	২১।৪৪	২৭।২৮	৩৪।৩৮	৪৩।৫৫	৫৬।৬	৭১।৪৪
২৪।০	৩।৪	৬।১৩	৯।৩৪	১৩।১৩	১৭।২০	২২।৮	২৭।৫৬	৩৫।১০	৪৪।২৯	৫৬।৩৮	৭২।৪
২৪।৩০	৩।৭	৬।২০	৯।৪৪	১৩।২৮	১৭।৩৯	২২।৩১	২৮।২৪	৩৫।৪২	৪৫।৩	৫৭।৮	৭২।২৪
২৫।০	৩।১১	৬।২৮	৯।৫৬	১৩।৪৩	১৭।৫৮	২২।৫৪	২৮।৫১	৩৬।১৩	৪৫।৩৫	৫৭।৩৮	৭২।৪২
২৫।৩০	৩।১৪	৬।৩৫	১০।৭	১৩।৫৮	১৮।১৬	২৩।১৭	২৯।১৮	৩৬।৪৩	৪৬।৭	৫৮।৭	৭৩।০
২৬।০	৩।১৮	৬।৪২	১০।১৮	১৪।১২	১৮।৩৫	২৩।৪০	২৯।৪৫	৩৭।১৩	৪৬।৩৮	৫৮।৩৪	৭৩।১৭
২৬।৩০	৩।২১	৬।৪৯	১০।২৮	১৪।২৬	১৮।৫৪	২৪।৩	৩০।১১	৩৭।৪২	৪৭।৮	৫৯।১	৭৩।৩৪
২৭।০	৩।২৫	৬।৫৭	১০।৩৯	১৪।৪১	১৯।১৩	২৪।২৫	৩০।৩৭	৩৮।১১	৪৭।৩৮	৫৯।২৮	৭৩।৫০
২৭।৩০	৩।২৮	৭।৩	১০।৪৯	১৪।৫৫	১৯।৩০	২৪।৪৭	৩১।৩	৩৮।৪০	৪৮।৭	৫৯।৫৩	৭৪।৫
২৮।০	৩।৩২	৭।১০	১১।০	১৫।১০	১৯।৪৮	২৫।৯	৩১।২৮	৩৯।৭	৪৮।৩৫	৬০।১৭	৭৪।২১

৬। ধরাপীঠ যন্ত্রের ঘণ্টারেখান্তরাংশের পূর্ণজ্যা (chord)।

ত্রিজ্যা = ১০।

অক্ষাংশ	১১॥০ ১২॥০	১১ ১	১০॥০ ১॥০	১০ ২	৯॥০ ২॥০	৯ ৩	৮॥০ ৩॥০	৮ ৪	৭॥০ ৪॥০	৭ ৫	৬॥০ ৫॥০
১৯।৩০	০.৪৪	০.৮৯	১.৩৭	১.৮৯	২.৫০	৩.২১	৪.০৮	৫.১৮	৬.৬৫	৮.৬৫	১১.২৫
২০।০	০.৪৫	০.৯১	১.৪১	১.৯৫	২.৫৬	৩.২৮	৪.১৬	৫.২৯	৬.৭৭	৮.৭৬	১১.৩২
২০।৩০	০.৪৬	০.৯৪	১.৪৪	১.৯৯	২.৬২	৩.৩৫	৪.২৫	৫.৩৮	৬.৮৮	৮.৮৬	১১.৩৯
২১।০	০.৪৭	০.৯৬	১.৪৭	২.০৩	২.৬৭	৩.৪২	৪.৩৩	৫.৪৮	৬.৯৮	৮.৯৬	১১.৪৫
২১।৩০	০.৪৮	০.৯৮	১.৫১	১.০৮	২.৭৩	৩.৫০	৪.৪২	৫.৫৮	৭.০৯	৯.০৫	১১.৫১
২২।০	০.৪৯	১.০০	১.৫৪	২.১৩	২.৭৯	৩.৫৬	৪.৫০	৫.৬৮	৭.১৯	৯.১৫	১১.৫৬
২২।৩০	০.৫০	১.০২	১.৫৭	২.১৭	২.৮৫	৩.৬৩	৪.৫৯	৫.৭৭	৭.২৯	৯.২৩	১১.৬২
২৩।০	০.৫১	১.০৪	১.৬০	২.২১	২.৯০	৩.৭০	৪.৬৭	৫.৮৬	৭.৩৮	৯.৩২	১১.৬৭
২৩।৩০	০.৫৩	১.০৬	১.৬৩	২.২৬	২.৯৬	৩.৭৭	৪.৭৫	৫.৯৫	৭.৪৮	৯.৪০	১১.৭২
২৪।০	০.৫৪	১.০৮	১.৬৭	২.৩০	৩.০১	৩.৮৪	৪.৮৩	৬.০৪	৭.৫৭	৯.৪৯	১১.৭৭
২৪।৩০	০.৫৫	১.১০	১.৭০	২.৩৪	৩.০৭	৩.৯০	৪.৯১	৬.১৩	৭.৬৬	৯.৫৬	১১.৮১
২৫।০	০.৫৬	১.১২	১.৭৩	২.৩৯	৩.১২	৩.৯৭	৪.৯৮	৬.২২	৭.৭৫	৯.৬৪	১১.৮৫
২৫।৩০	০.৫৬	১.১৫	১.৭৬	২.৪৩	৩.১৭	৪.০৪	৫.০৬	৬.৩০	৭.৮৩	৯.৭১	১১.৯০
২৬।০	০.৫৮	১.১৭	১.৮০	২.৪৭	৩.২৩	৪.১০	৫.১৩	৬.৩৮	৭.৯২	৯.৭৮	১১.৯৪
২৬।৩০	০.৫৮	১.১৯	১.৮২	২.৫১	৩.২৮	৪.১৭	৫.২১	৬.৪৬	৮.০০	৯.৮৫	১১.৯৮
২৭।০	০.৬০	১.২১	১.৮৬	২.৫৬	৩.৩৪	৪.২৩	৫.২৮	৬.৫৪	৮.০৮	৯.৯২	১২.০১
২৭।৩০	০.৬০	১.২৩	১.৮৯	২.৬০	৩.৩৯	৪.২৯	৫.৩৫	৬.৬২	৮.১৫	৯.৯৮	১২.০৫
২৮।০	০.৬২	১.২৫	১.৯২	২.৬৪	৩.৪৪	৪.৩৫	৫.৪২	৬.৭০	৮.২৩	১০.০৪	১২.০৯

শব্দার্থ-সূচী।

[সংখ্যা দ্বারা পৃষ্ঠাঙ্ক বুঝিতে হইবে।]

বিজ্ঞাপন।

শ্রীযোগেশচন্দ্র রায়, এম এ, এফ আর এ এস, এফ আর এম এস, প্রণীত।

১। আমাদের জ্যোতিষী ও জ্যোতিষ। ১ম ভাগ ৪৲।

'যথেষ্ট পরিশ্রম, অনুশীলন ও বুদ্ধিবৃত্তির চালন।'—৺পণ্ডিত মহেশচন্দ্র ন্যায়রত্ন।

'বহুকাল ক্ষুধিত জ্যোতিঃপিপাসু আমাদের মুখে এত অধিক পরিমাণে দুগ্ধধারা ঢালিয়া দিয়াছেন যে, আমরা প্রায় রুদ্ধশ্বাস হইয়া পড়িতেছি।'—অধ্যাপক অপূর্ব্বচন্দ্র দত্ত।

'Deep research and careful reasoning'—Sir Gooroo Dass Banerjee.

'Lucid and exhaustive.'—R. C. Dutt, Esqr.

'Patient scholarship and remarkable lucidity.'—Dr. J. C. Bose.

'Learned and original.'—Indian Nation.

২। রত্ন-পরীক্ষা। ১৷৷০

'প্রীতিপদ।'—ডাঃ প্রফুল্লচন্দ্র রায়।

'Learned, interesting, and instructive.'—Sir Gooroo Dass Banerjee.

'A mass of valuable information.'—R. C Dutt, Esq.

৩। পত্রালী। ১৷০

'জ্ঞান মন্দিরের সোপান।'—প্রবাসী।

'বিষয়নির্ব্বাচন বড়ই সুন্দর।'—অধ্যাপক রামেন্দ্রসুন্দর ত্রিবেদী।

'এরূপ কবিত্বপূর্ণ গদ্য-গ্রন্থ অতি বিরল।'—৺রায় রাধানাথ রায় বাহাদুর।

৪। A Primer of Physiography. 12 As.

'An excellent little book.'— Prof. P. Mukherji.

'Reveals the hand and instinct of the teacher right through.'—Prof. E. F. Mondy.

'A clear and simple exposition of the leading facts of the subject with the earnestness and capacity of a true teacher.'—Indian Engineering.

'We have rarely come across a better written primer.'—Indian Review.

৫। সরল রসায়ন (তেজঃ সহিত)। ১।০

৬। সরল প্রাকৃত ভূগোল। ॥৶০

৭। শঙ্কু-নির্ম্মাণ। ॥০

কলিকাতায় বহির বড় বড় দোকানে এবং কটকে বি. বি. মুখার্জির বহির দোকানে পাওয়া যায়।

হুগলীর দূরবীক্ষণ-নির্মাতা ধর-ভ্রাতৃগণ এই শংকুনির্মাণ পুস্তক অনুসারে আবশ্যক যন্ত্র নির্মাণ করিয়া দিতে পারেন।